



# TIJERA

## EXPLORACIÓN 1

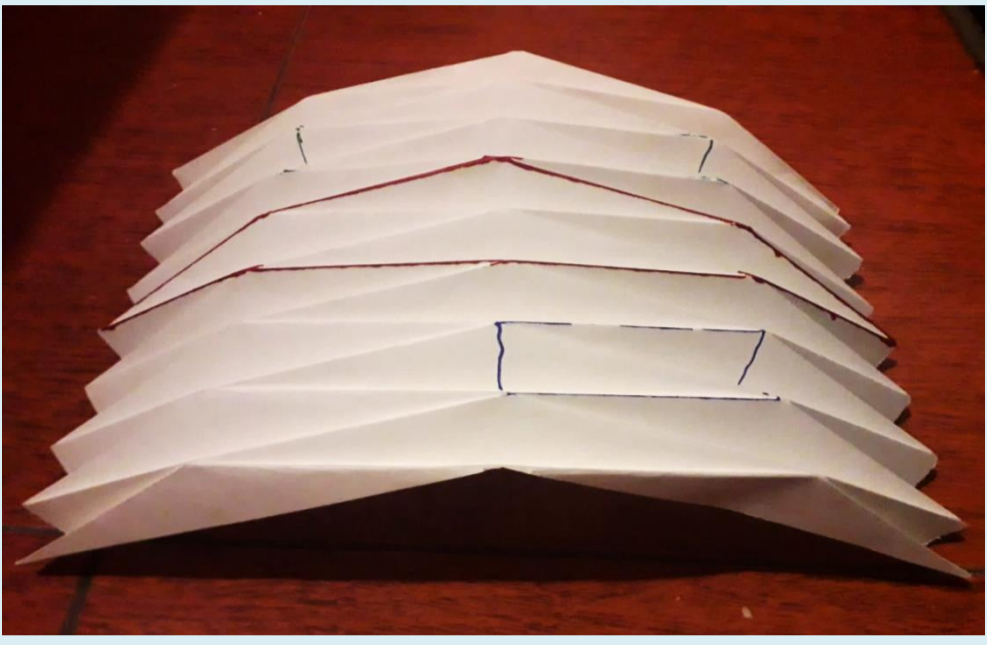
### PATRÓN ORIGAMI

Los patrones de origami se han utilizado en el diseño de estructuras laminares, debido a su estabilidad.



Análisis de geometría encontrada dentro de modelo de plegadura. Elaboración propia.

Se usaron patrones empleados para desarrollar esferas, cilindros y poliedros a base de origami, demostrando características de transformabilidad.

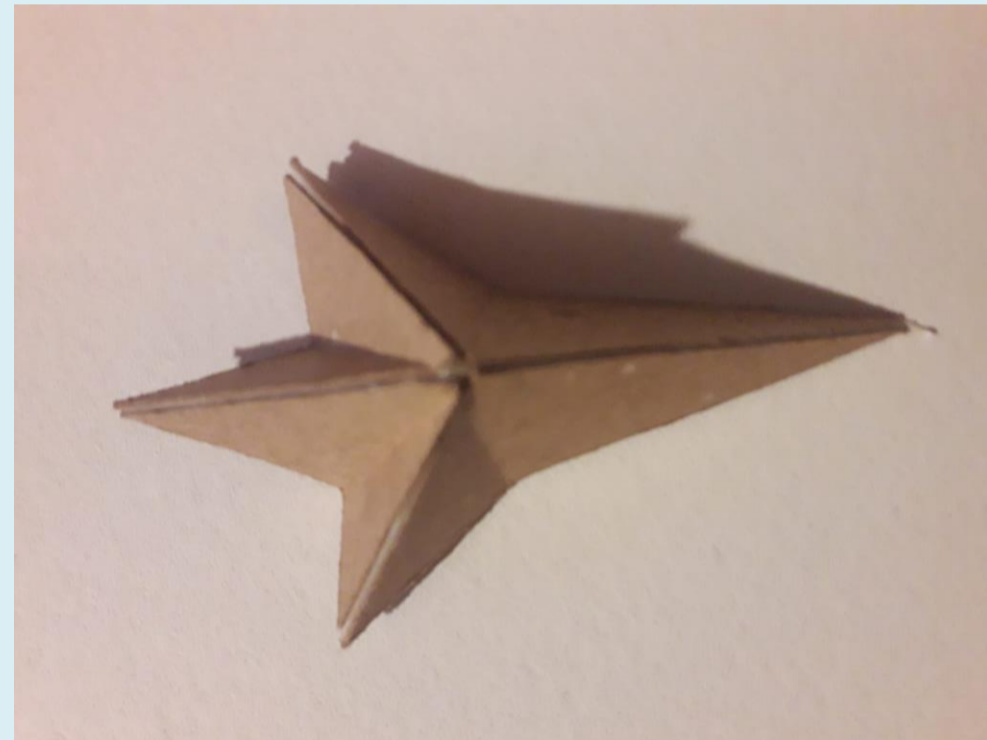


Patron de origami que configura arcos, bordes y refuerzos en los pliegues. Elaboración propia.

La geometría de estos patrones es muy específica, por lo que en conjunto con tijeras, estas tendrían que adaptarse al cerramiento y no al revés, no cumple con el principio de plegabilidad del rombo.

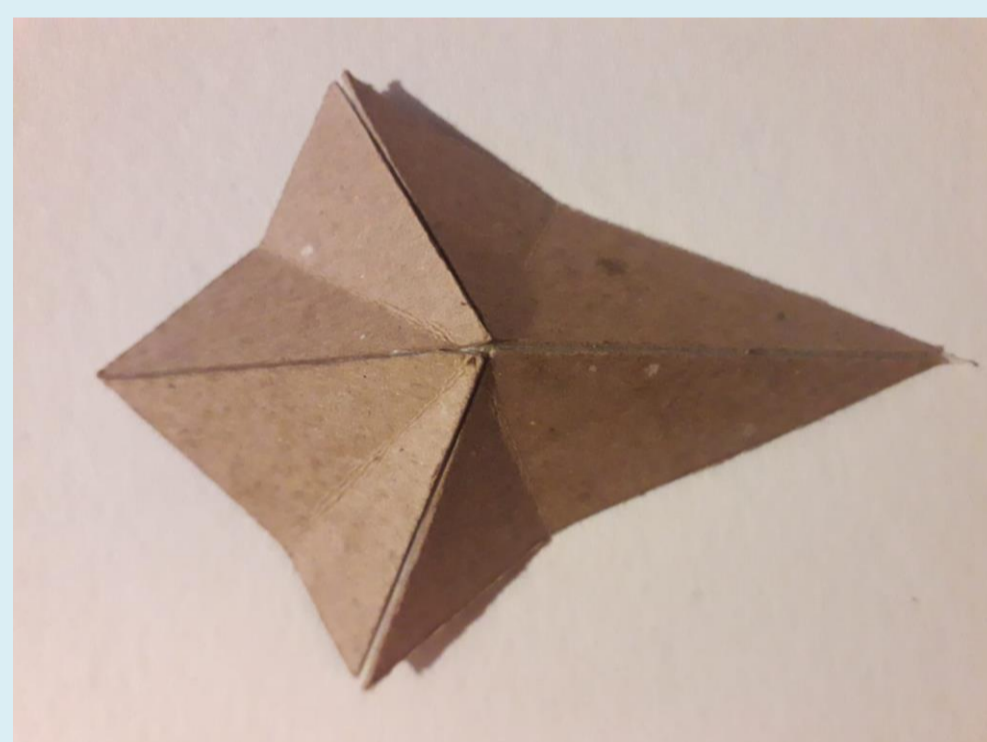
### PIRÁMIDE ASIMÉTRICA

Analizando la adaptabilidad y cambio de forma al plegar las aristas de una pirámide, se hace un ensayo con una geometría diferente a los pliegues de papel, para ver qué tanto se adapta a la posible estructura dinámica de soporte.



Plegadura piramidal asimétrica. Elaboración propia.

A partir de este modelo se ve que es posible que la transformación de la plegadura se haga compatible con los movimientos de las estructuras de tijera.

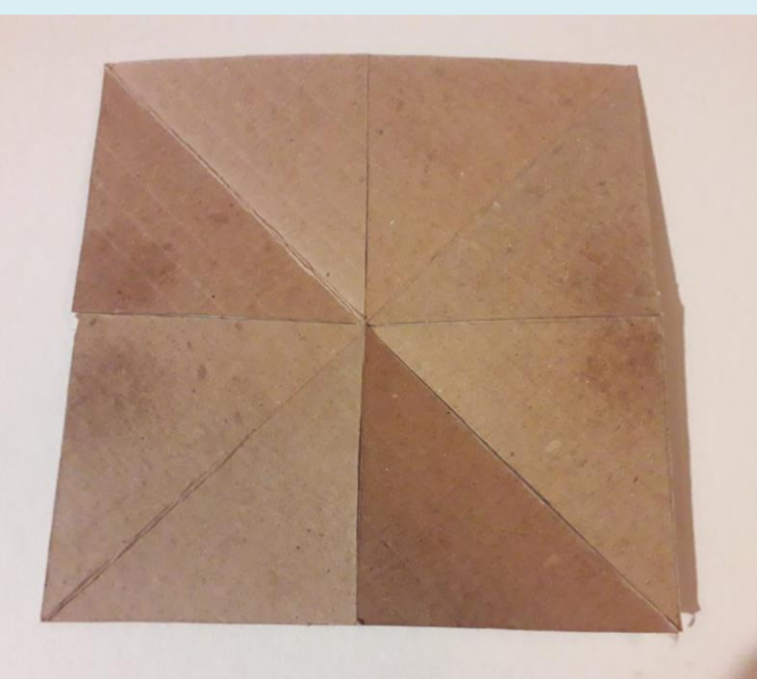


El modelo es compatible con los movimientos de tijera, tiene dificultades para realizar agrupaciones. Elaboración propia.

Se requiere explorar más las formas de este tipo de plegaduras para el desarrollo de la propuesta.

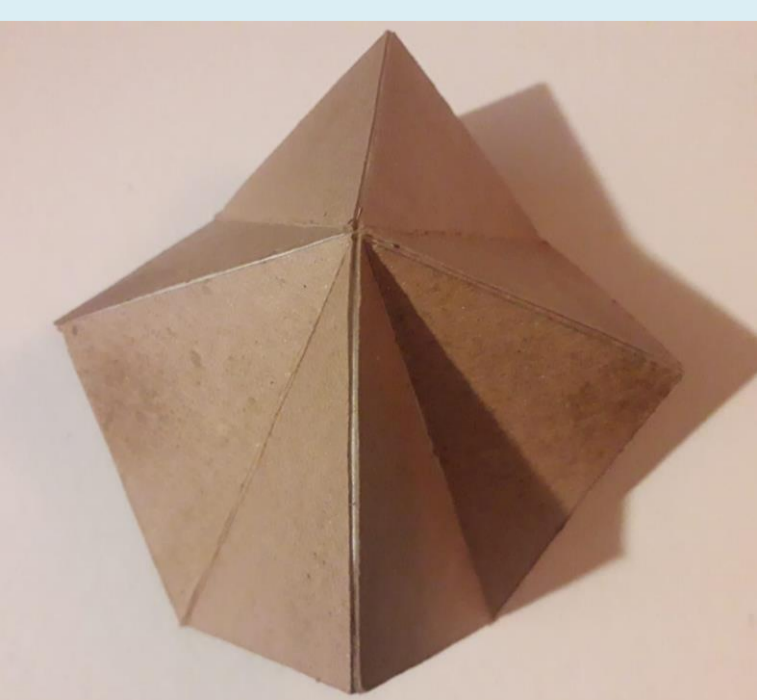
### PIRAMIDAL

La plegadura piramidal simétrica es compatible con los cambios de forma de las tijeras en diferentes configuraciones.



Desarrollo de una plegadura piramidal desde una superficie plana doblada. Elaboración propia.

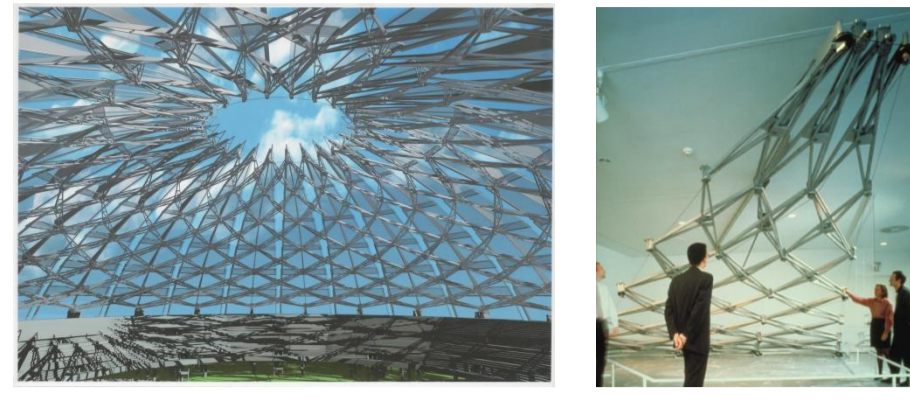
La exploración en conjunto con las tijeras indicará las posibilidades de agrupación.



Diferentes formas de plegar desde el mismo tipo de plegadura piramidal. Elaboración propia.

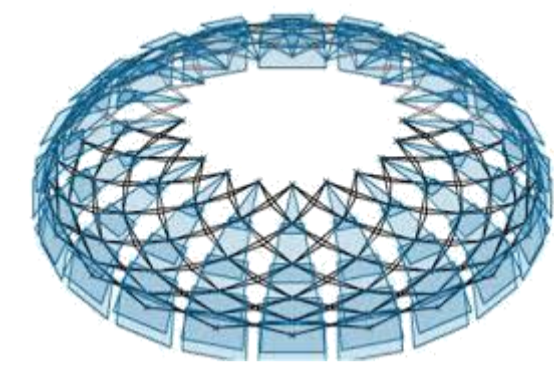
## SISTEMAS DE CERRAMIENTO APLICABLES

### PÁNELES RÍGIDOS



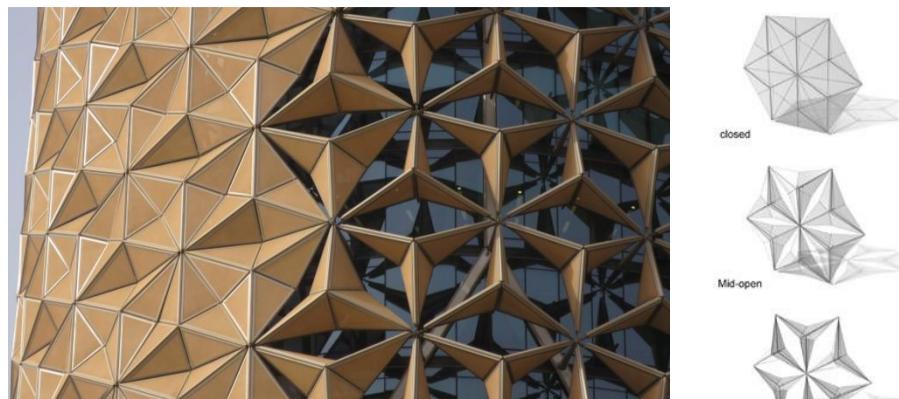
Tomado de "The Dome at MOMA" por Hoberman Associates. <https://www.hoberman.com/portfolio/the-dome-at-moma/>

Domo Iris (Chuck Hoberman): Modelo de diseño para domo desplegable con tijeras anguladas, cubierto con paneles rígidos.



Tomado de "Investigation of light flexible, deployable structures" por N. Friedman. <https://rel.archives-ouvertes.fr/hal-00474424v1/document>

### PLEGADURAS



Tomado de "The Fold" por ArchDaily. <https://www.archdaily.com/146160/bate-hoberman-2012/>

Uso de cerramientos por medio de plegaduras sobre estructuras fijas, versatilidad en el cambio de forma.



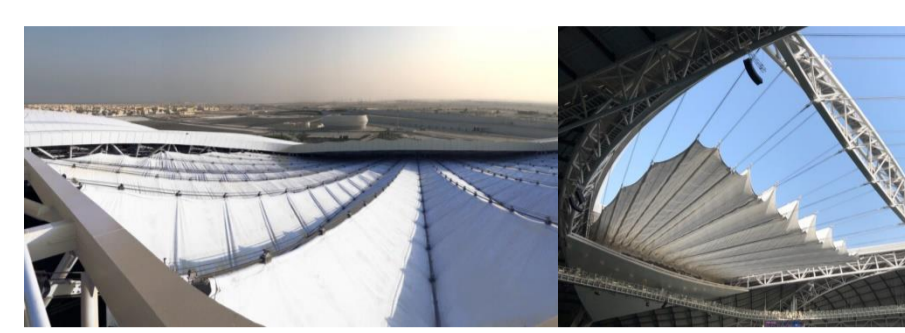
Tomado de "Dynamic Facade (Shed) Showcase" por ArchDaily. <https://www.archdaily.com/1013009/dynamic-facade-shed-berkeley>

### MEMBRANAS



Tomado de "Medina Harun Plaza" por ArchDaily Magazine. <https://www.archdaily.com/1013009/dynamic-facade-shed-berkeley>

Membranas arquitectónicas desplegables, requieren mecanismos de control para el despliegue, livianas y adaptables a la forma requerida.



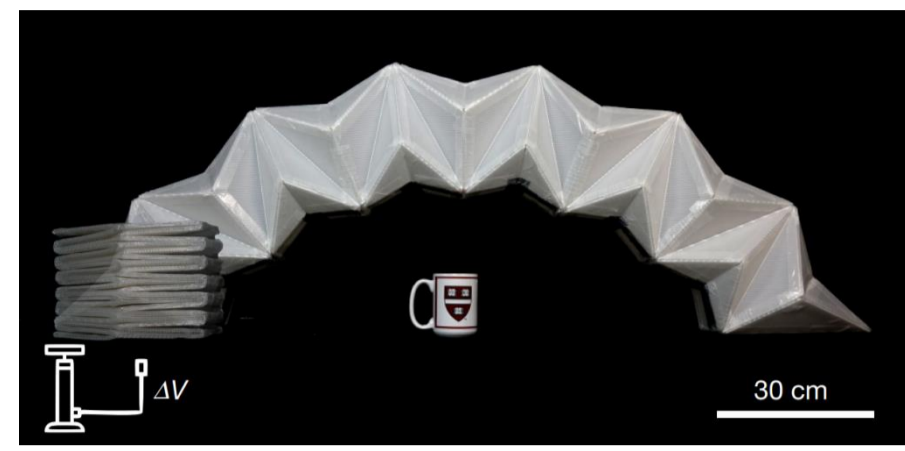
Tomado de "Al Jassrah Stadium" por SPP. <https://www.spp.com/en/projects/al-jassrah-stadium/>

### NEUMÁTICAS



Tomado de "Topical: Output and Construction Methods for Custom Fabrication of Room-Scale Deployable Pneumatic Structures" por S. Hudson. <https://www.archdaily.com/1013009/dynamic-facade-shed-berkeley>

Estructuras neumáticas desplegables portátiles, adaptables a formas específicas por diseño, livianas y autoportantes.



Tomado de "MAMMOTH inflatable organic structure at the rooftop garden" por S. Mousavi et al. <https://www.archdaily.com/1013009/dynamic-facade-shed-berkeley>

## ANÁLISIS DE VENTAJAS Y DESVENTAJAS POR SISTEMA

**Ventajas:**

- Los componentes rígidos son resistentes al embate de los fenómenos naturales.
- Solo generan cargas muertas por gravedad en puntos de apoyo.

**Desventajas:**

- El desplazamiento de los paneles debe contemplarse en varios ejes para acomodarse al movimiento de la estructura, lo que genera mayor complejidad en los mecanismos de sujeción.
- Muchos elementos se mueven individualmente, generando una separación entre ellos, se requiere solucionar muchas juntas de elementos individuales, que son puntos débiles cuando se quiere tener un ambiente controlado.
- Los paneles no se adaptan al cambio de forma de la estructura.
- Mayor peso de elementos rígidos.
- Muchos elementos que requieren solución de juntas.
- Se crea un movimiento en varios ejes que requiere mayor coordinación.

**Ventajas:**

- El desplazamiento de la plegadura puede ajustarse para que coincida con el movimiento de la estructura de soporte.
- Los componentes rígidos son resistentes al embate de los elementos naturales.
- Formalmente las plegaduras se ajustan al cambio de forma de la estructura.
- Solo genera cargas muertas por gravedad en puntos de apoyo, el movimiento es generado por la estructura de soporte.

**Desventajas:**

- Si se desarrollan como módulos independientes pueden requerir solución de múltiples juntas que dificultan el control ambiental al interior (como un conjunto único, los elementos de unión pueden solucionar las juntas).
- Mayor peso de los elementos.

**Ventajas:**

- El desplazamiento puede ajustarse ya sea a la totalidad de la estructura en caso de una red, o a módulos individuales.
- Se puede modular uniendo varias secciones, reduciendo la cantidad de juntas requeridas.
- Cerramiento con materiales livianos.

**Desventajas:**

- Las superficies de membrana son susceptibles al punzonamiento, haciéndolas relativamente más débiles contra el embate de fenómenos naturales en comparación a otros materiales.
- La adaptabilidad formal al recoger la membrana está sujeta a la forma del módulo del que esté soportada, se pueden requerir mecanismos adicionales para el despliegue o guardado de la membrana.
- Genera esfuerzos transversales adicionales a la estructura de soporte, ya que se requiere tensionar la membrana para que logre estabilidad.

**Ventajas:**

- El desplazamiento puede ajustarse ya sea a la totalidad de la estructura en caso de una red, o a módulos individuales.
- Formalmente las neumáticas se pueden ajustar al cambio de forma de la estructura.
- Cerramiento con materiales livianos.

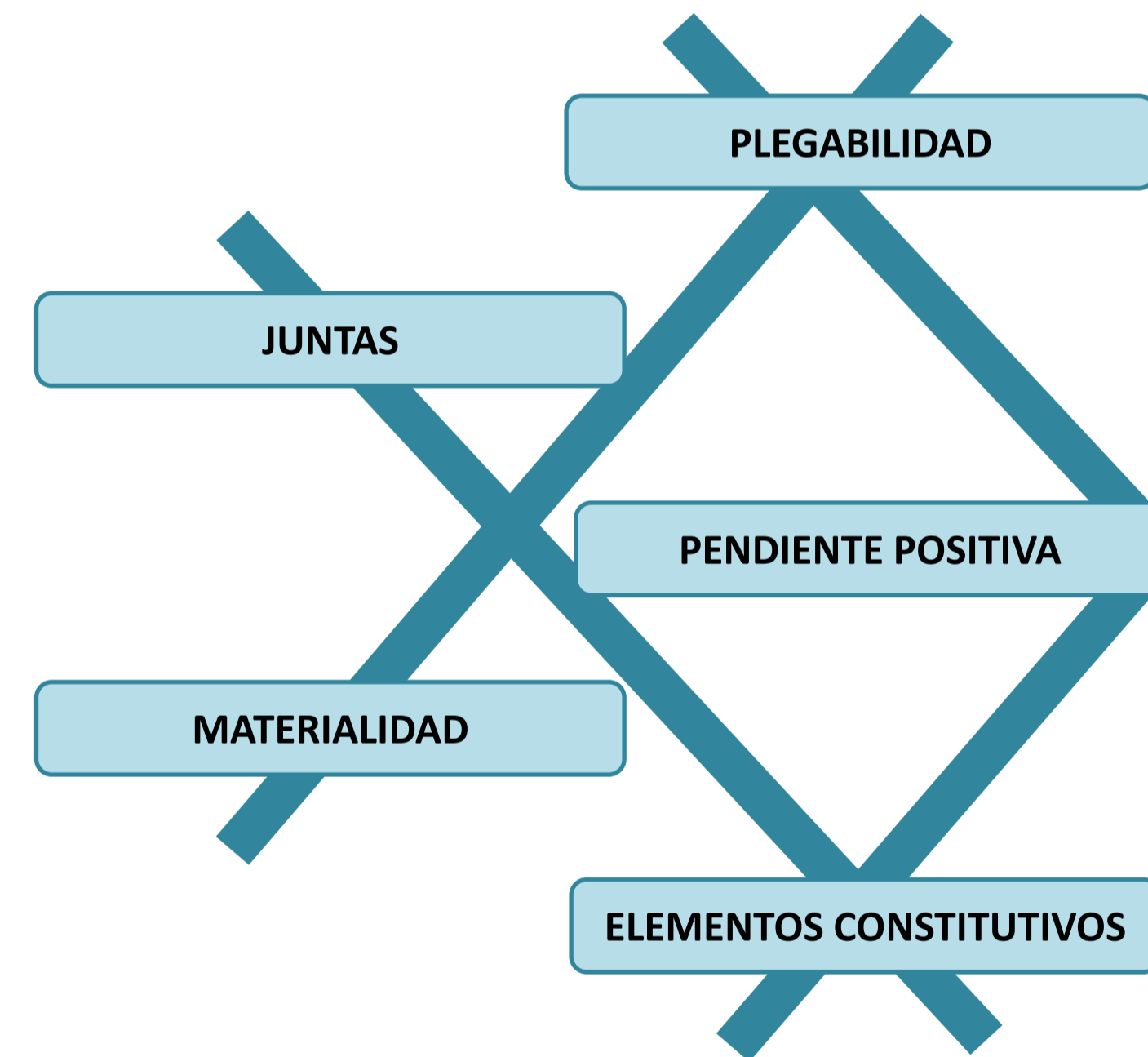
**Desventajas:**

- Las superficies de membrana son susceptibles al punzonamiento, haciéndolas relativamente más débiles contra el embate de fenómenos naturales en comparación a otros materiales.
- Si se desarrollan como módulos independientes pueden requerir solución de múltiples juntas, lo que es una desventaja respecto a la búsqueda del control ambiental al interior de la edificación.
- Requiere mecanismos adicionales para el inflado y desinflado de la neumática, es una estructura que al ser auto-portante no justifica tener una estructura de soporte adicional, con elementos de guía para controlar el movimiento durante el proceso de inflado y desinflado se puede controlar el movimiento sin estructura adicional.

## MATRIZ COMPARATIVA SISTEMAS DE CERRAMIENTO

SISTEMA DE CERRAMIENTO	COMPLEJIDAD DE MOVIMIENTO	RESISTENCIA A CARGAS VIVAS POR FENÓMENOS NATURALES	SOLUCIÓN DE JUNTAS	ADAPTABILIDAD FORMAL	PESO DEL CERRAMIENTO	ESFUERZOS ADICIONALES GENERADOS POR EL CERRAMIENTO
PÁNELES RÍGIDOS	X	✓	X	X	X	✓
PLEGADURAS	✓	✓	X	✓	X	✓
MEMBRANAS	✓	X	✓	X	✓	X
NEUMÁTICAS	✓	X	X	✓	✓	X

## PRINCIPIOS FUNCIONALES

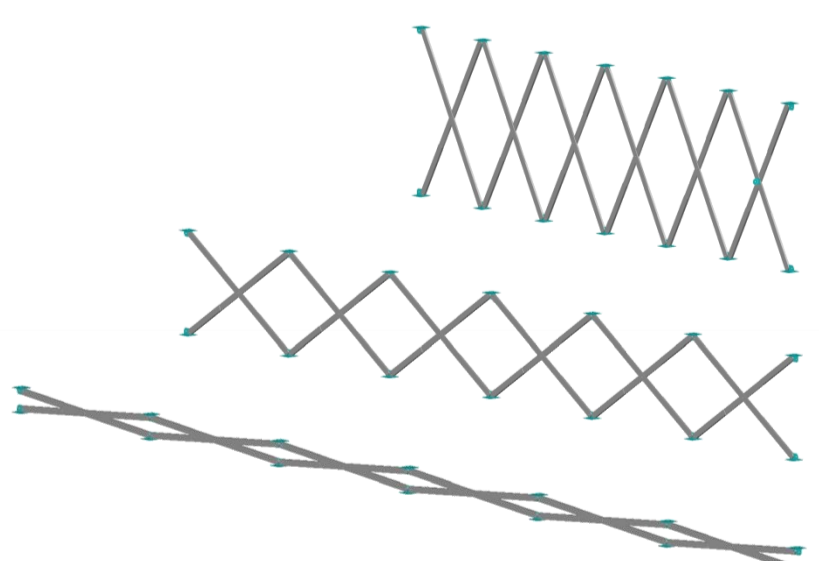


## MODELOS DE TIJERAS

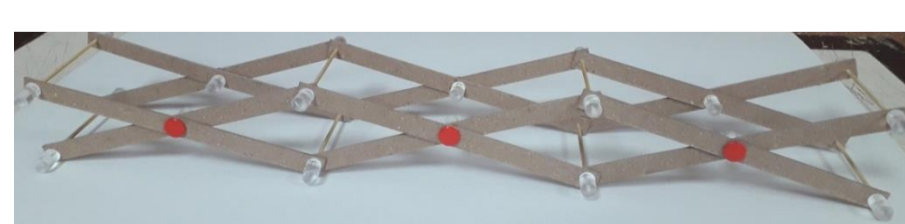
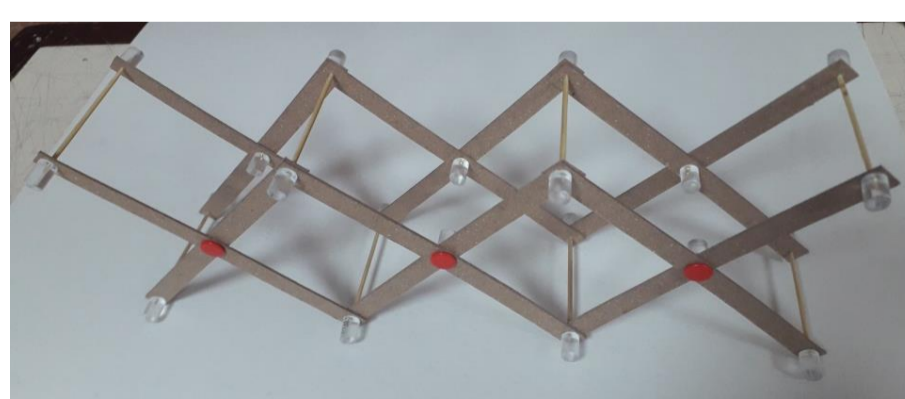
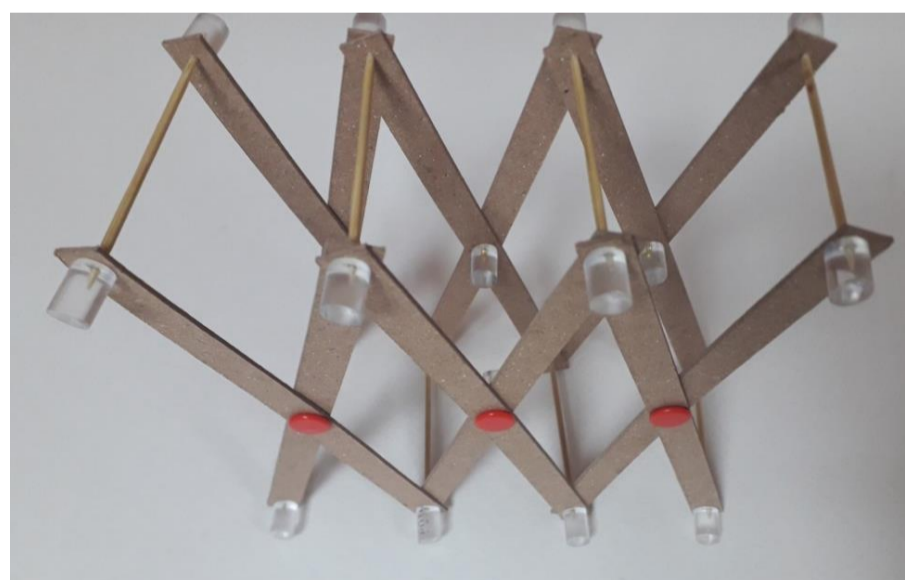
### AGRUPACIÓN LINEAL

Se experimenta con agrupaciones de tijeras en paralelo, las cuales a su vez se pueden reagrupar en paralelo para cubrir mayores superficies.

Este tipo de agrupaciones tiene menos variaciones formales, ya que en uno de sus sentidos mantiene la dimensión.



Modelo digital, desarrollo de tijeras agrupadas en línea. Elaboración propia.

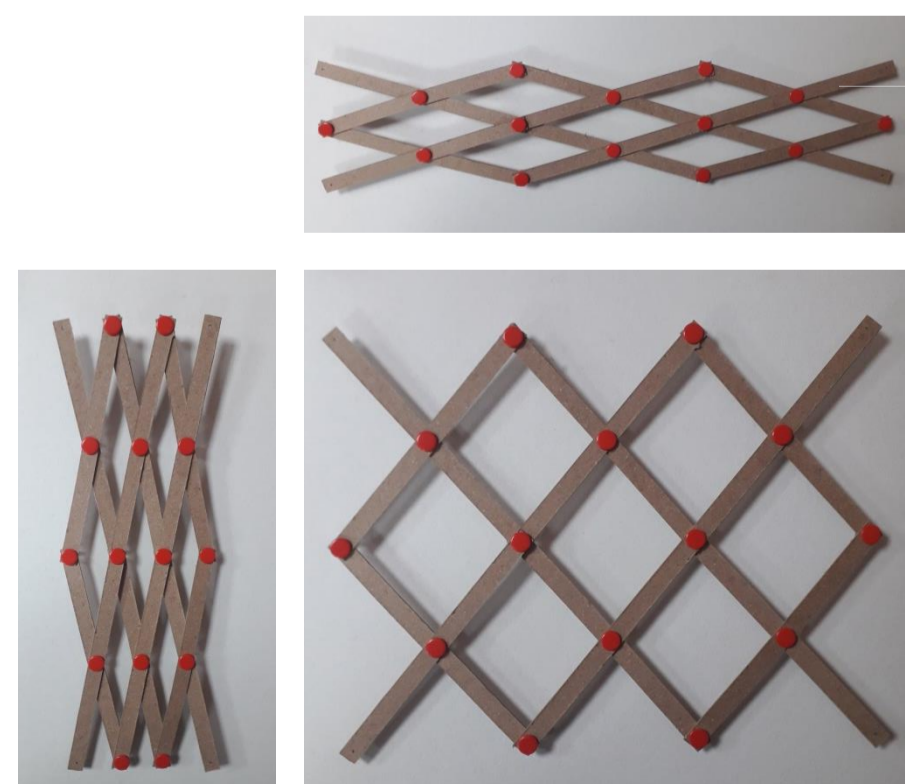


Modelo de tijeras lineales agrupadas en paralelo. Elaboración propia.

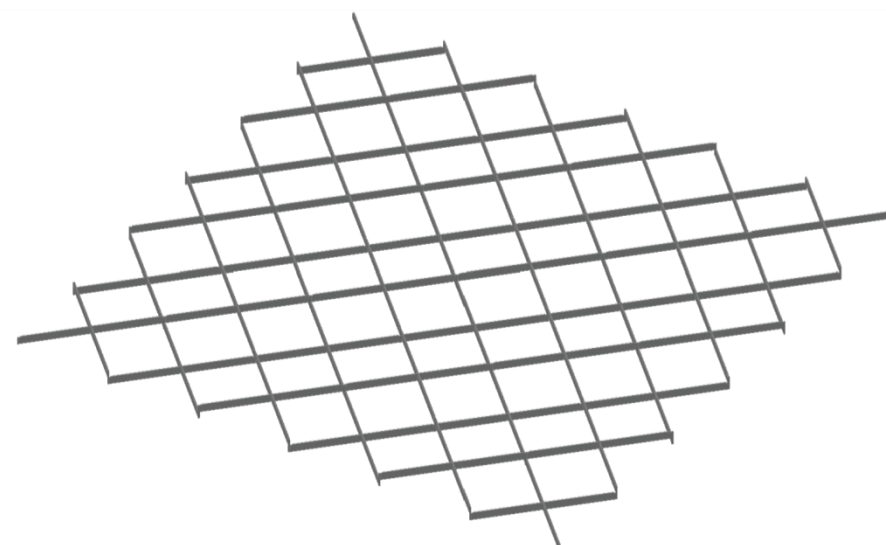
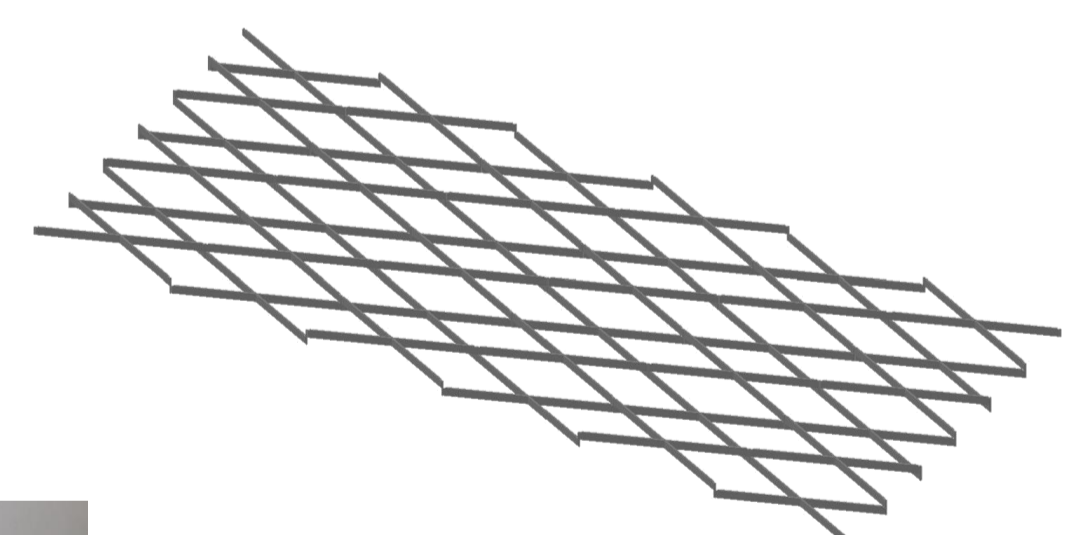
### AGRUPACIÓN EN PLANO

Este tipo de agrupación genera módulos de base romboidal, los cuales al mover la estructura aumentan de dimensión en un sentido y se disminuyen en el otro.

Cambiando los ángulos o usando tijeras anguladas se cubren superficies con curvatura, incluidos los domos iris.



Modelo de agrupación de tijeras en un plano. Elaboración propia.

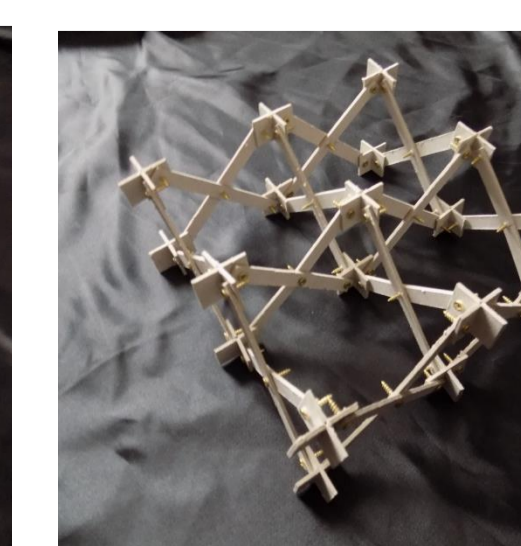
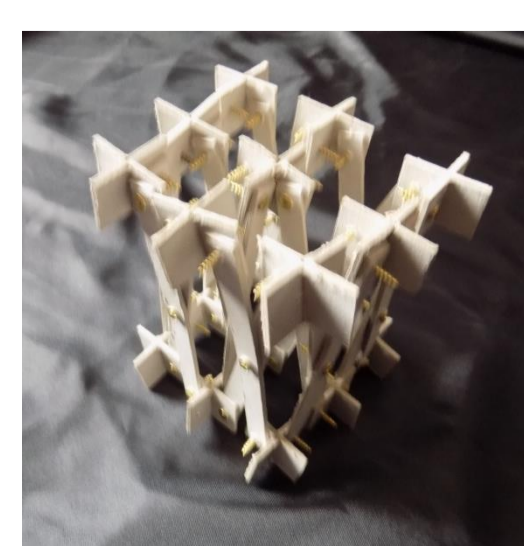


Modelo digital de agrupación de tijeras en plano. Elaboración propia.

### AGRUPACIÓN EN RED

Las tijeras en paralelo conforman las caras de los polígonos de la base de la red.

Esta agrupación se caracteriza por que aumenta o disminuye de tamaño proporcionalmente.

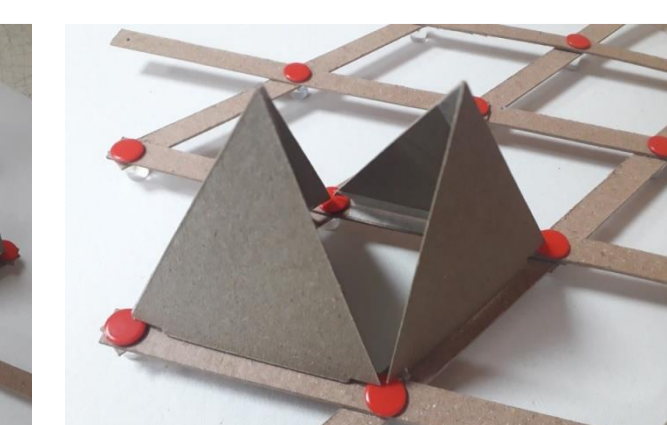
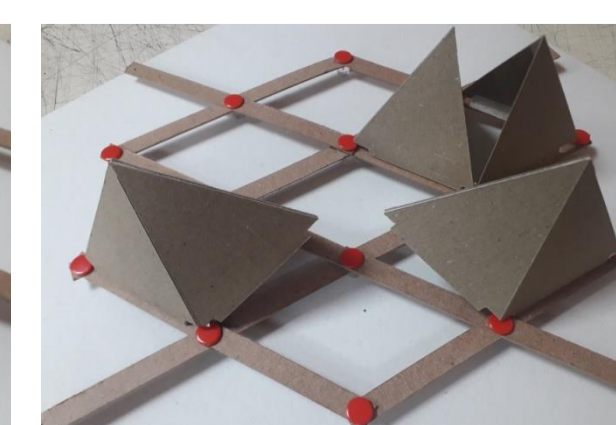
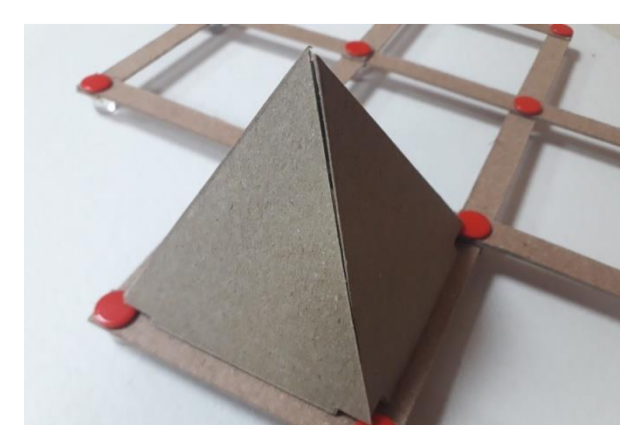


Modelo de agrupación en red de tijeras. Elaboración propia.

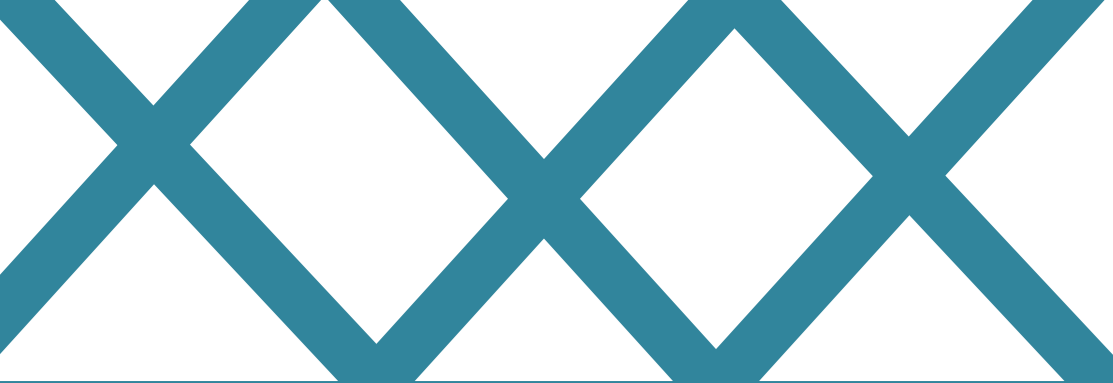
### ADAPTACIÓN DE PLEGADURAS

Con estos primeros modelos de agrupaciones de tijeras se inició el proceso de exploración formal y de movimiento integrando las tijeras con plegaduras.

En este modelo se emplean pirámides con vértices articulados, se mueven en conjunto con la estructura, pero no da posibilidades de agrupación.



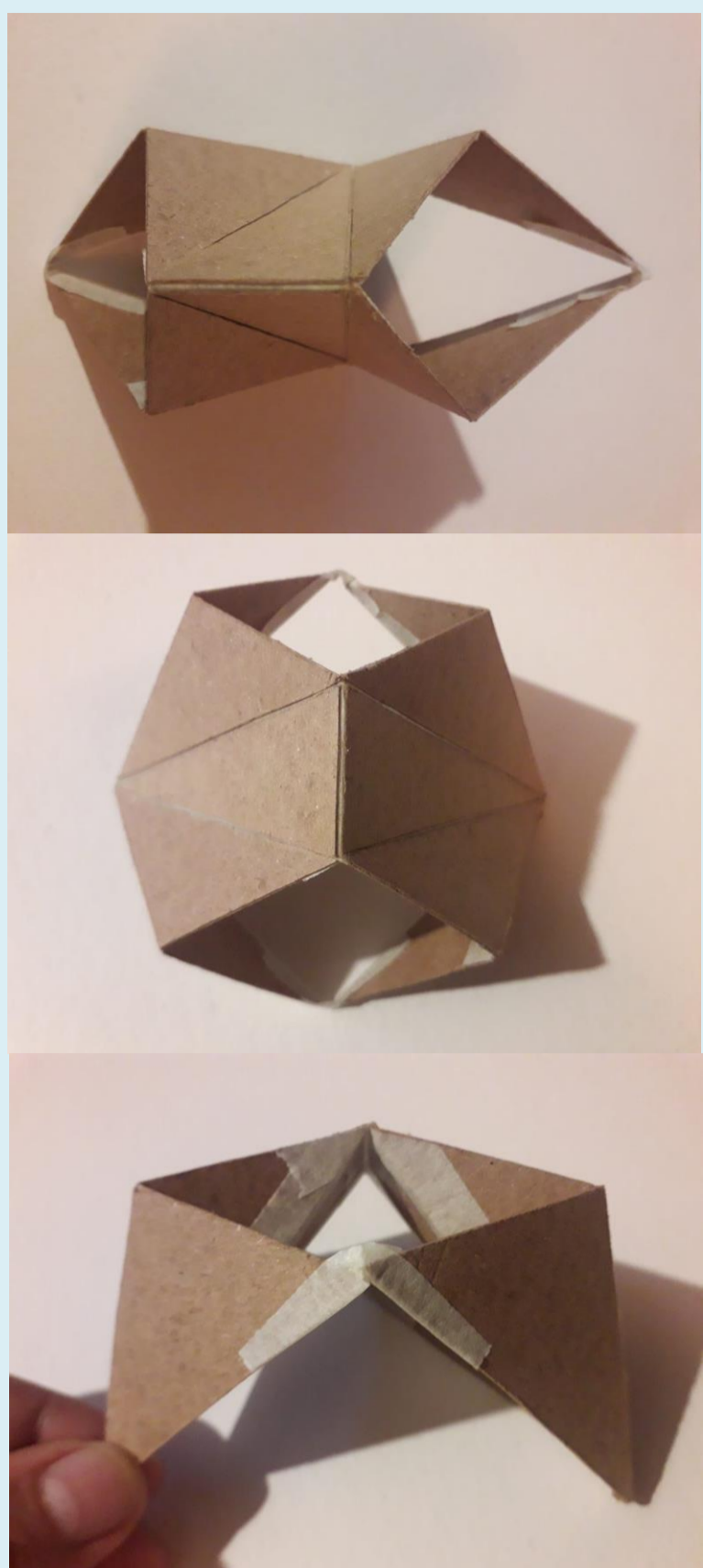
Modelo de plegaduras basadas en pirámides sobre agrupación de tijeras rectas asimétricas. Elaboración propia.



## EXPLORACIÓN 2

### NUEVA GEOMETRÍA

La exploración formal por fuera de los patrones de origami evidencia falencias en la integración con las tijeras, ya que tienden a faltar módulos y no sirven como cerramiento.

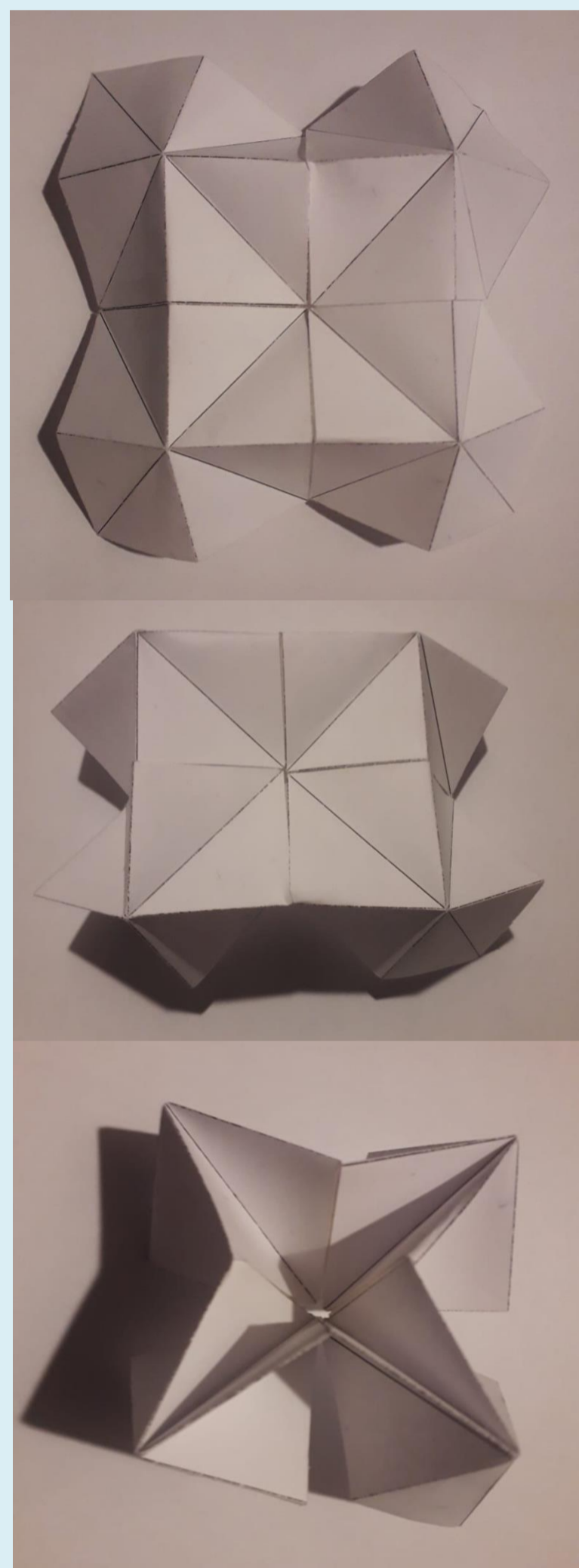


Modelo de variaciones de geometría en el desarrollo de plegaduras distintas. Elaboración propia.

Esta exploración da bases para los principios de agrupación..

## AGRUPACIÓN 1

Se hace una experimentación de posibilidades de agrupación con plegaduras piramidales con base geométrica de un cuadrado.

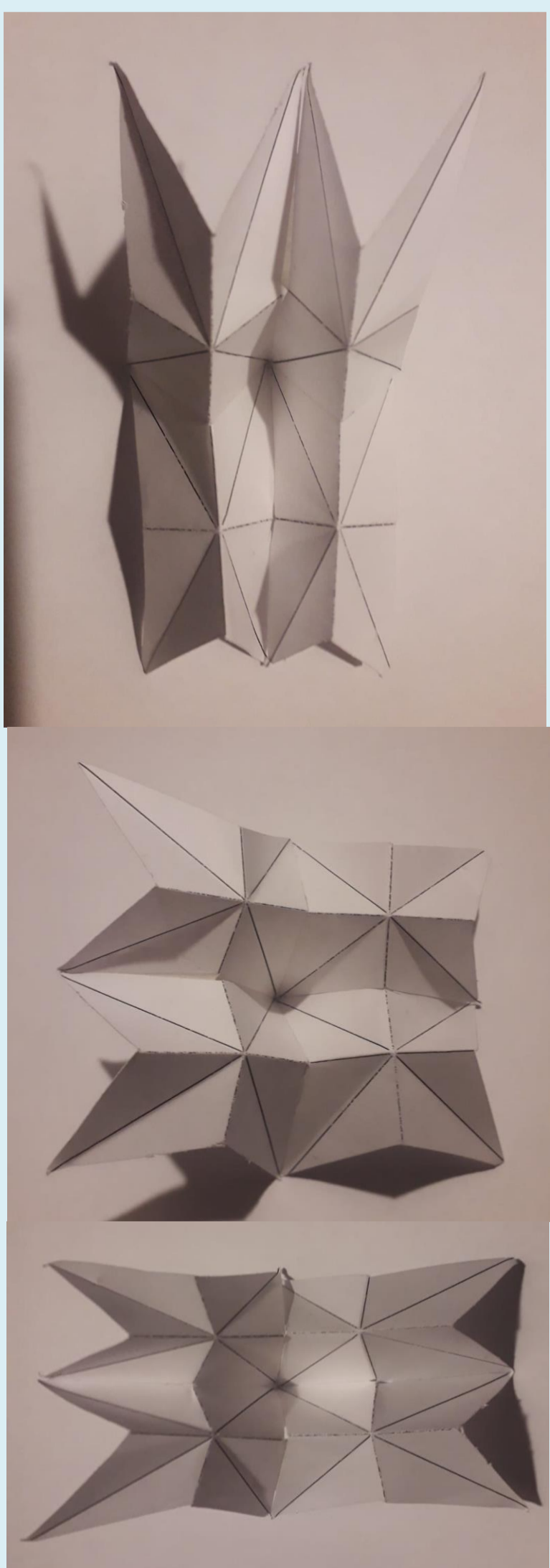


Modelo de agrupación de plegaduras piramidales. Elaboración propia.

Se pueden agrupar varias plegaduras, pero la plegabilidad de la agrupación se reduce considerablemente.

## PLEGADO OPUESTO

Las plegaduras piramidales tienen la opción de plegarse simétrica o asimétricamente en diferentes direcciones, lo que genera compatibilidad con las estructuras de tijera.



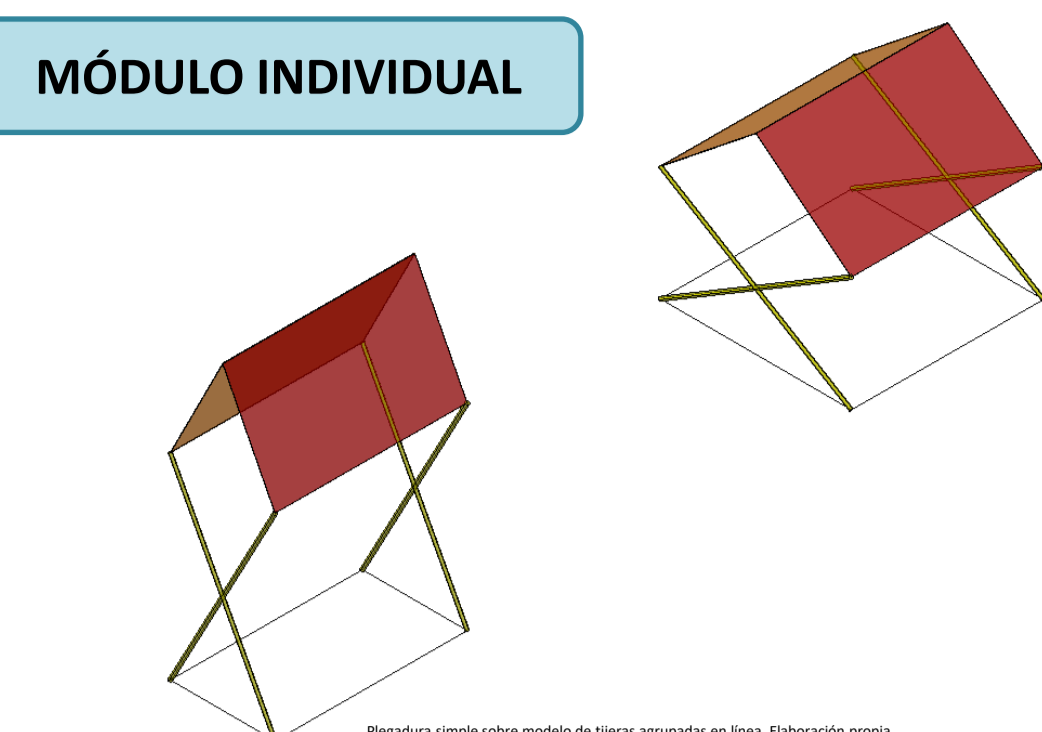
Modelo de plegaduras agrupadas con pliegue asimétrico. Elaboración propia.

Se evidencia compatibilidad con la transformación del rombo y posibilidades de agrupación con mayor adaptabilidad y repliegue.

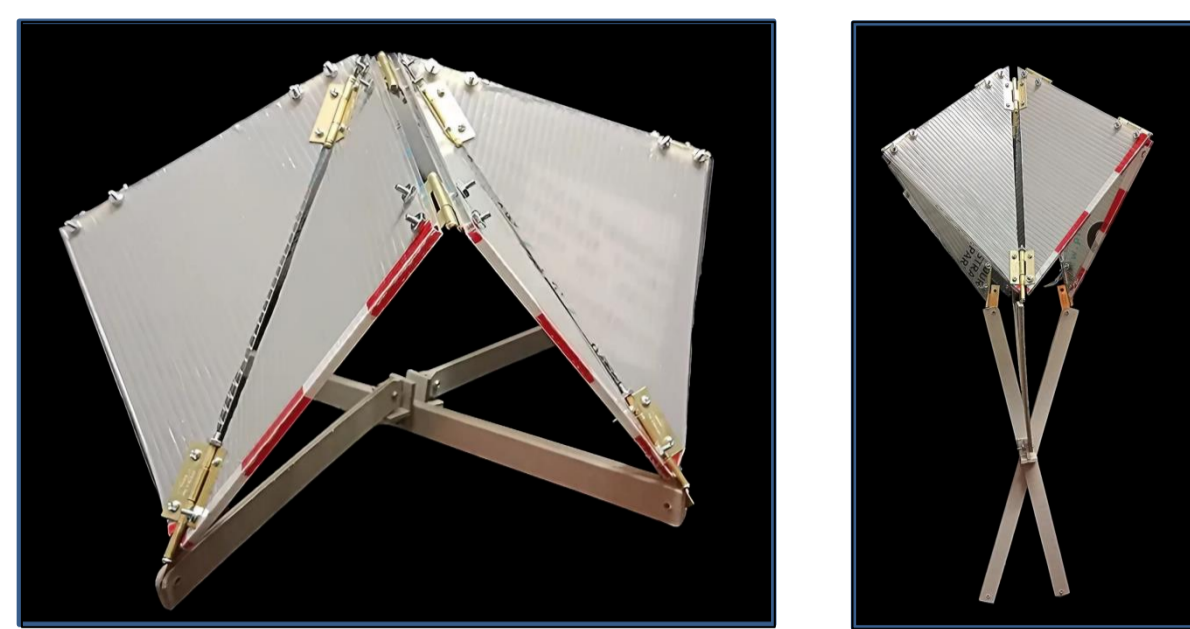
# PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CERRAMIENTO QUE RESPONDE A MÓDULOS QUE CAMBIAN DE FORMA.

## MODELO DE CERRAMIENTO PARA AGRUPACIÓN LINEAL EN PARALELO

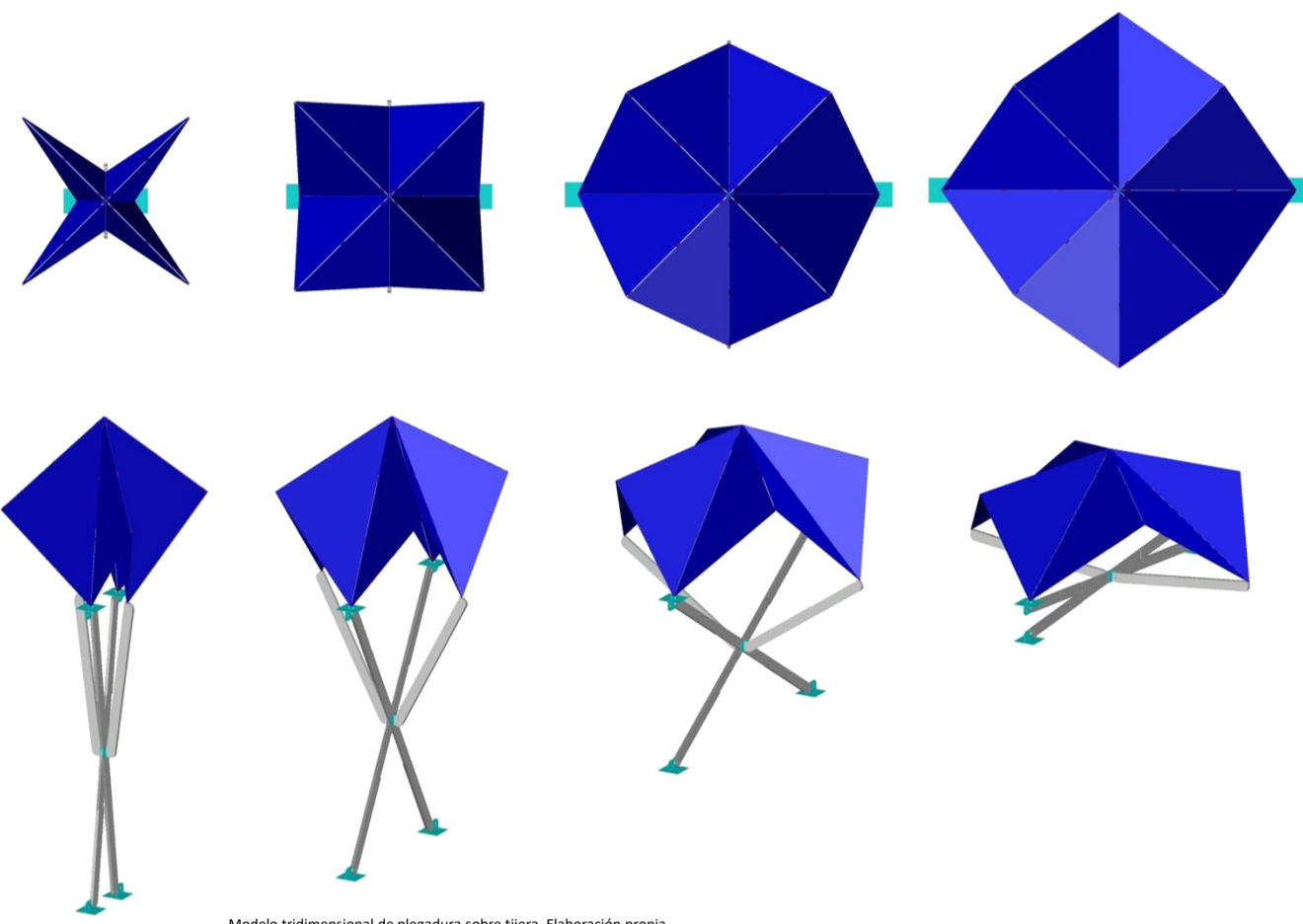
### MÓDULO INDIVIDUAL



Plegadura simple sobre módulo de tijera agrupados en línea. Elaboración propia.



Modelo constructivo de cerramiento aplicado a tijera con elementos alforforos. Elaboración propia.



Modelo tridimensional de plegadura sobre tijera. Elaboración propia.

Estructuras de tijeras con menor grado de complejidad, al recoger o desplegar la estructura, su geometría base solo cambia de dimensión en un eje.

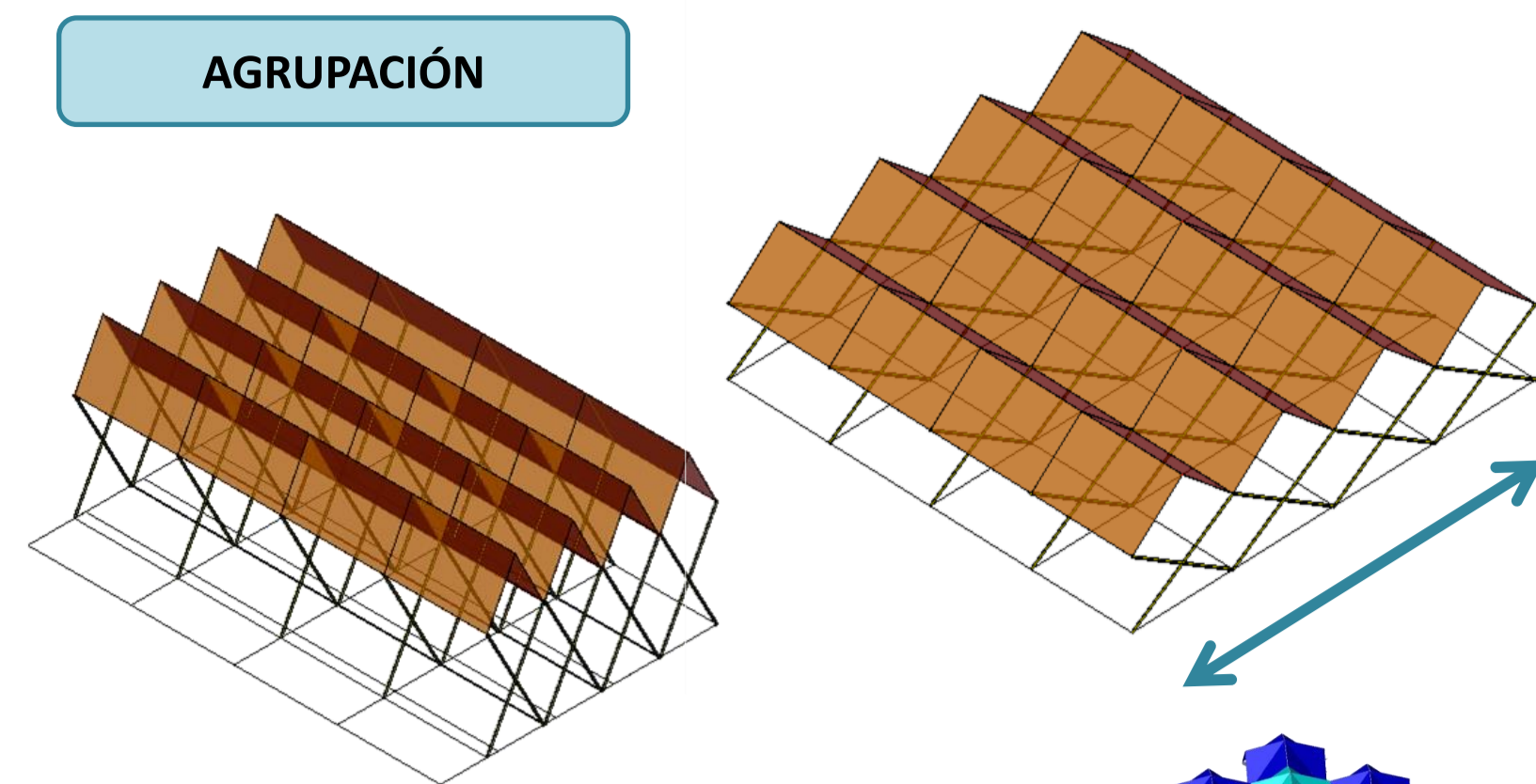
Se puede generar la solución de cerramientos con una plegadura básica.

El modelo constructivo realizado se emplea con este tipo de tijeras, añadiendo un par de elementos de soporte funciona como un módulo individual en el cual cerramiento y estructura se mueven juntos.

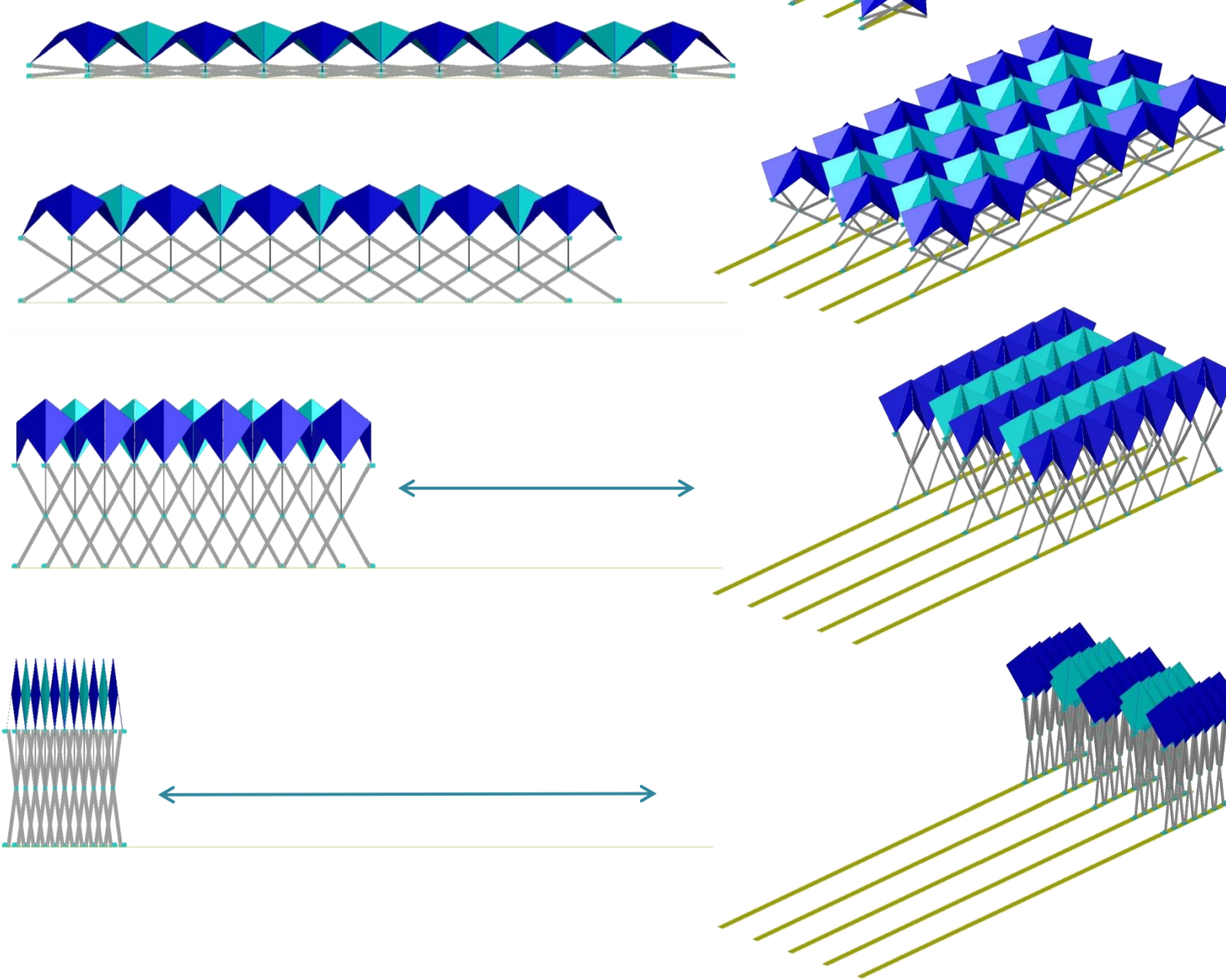
Este modelo con plegadura piramidal genera una configuración de rombos al agruparse linealmente.

Al agrupar varias líneas se logra una red en paralelo que cubre una mayor superficie.

### AGRUPACIÓN



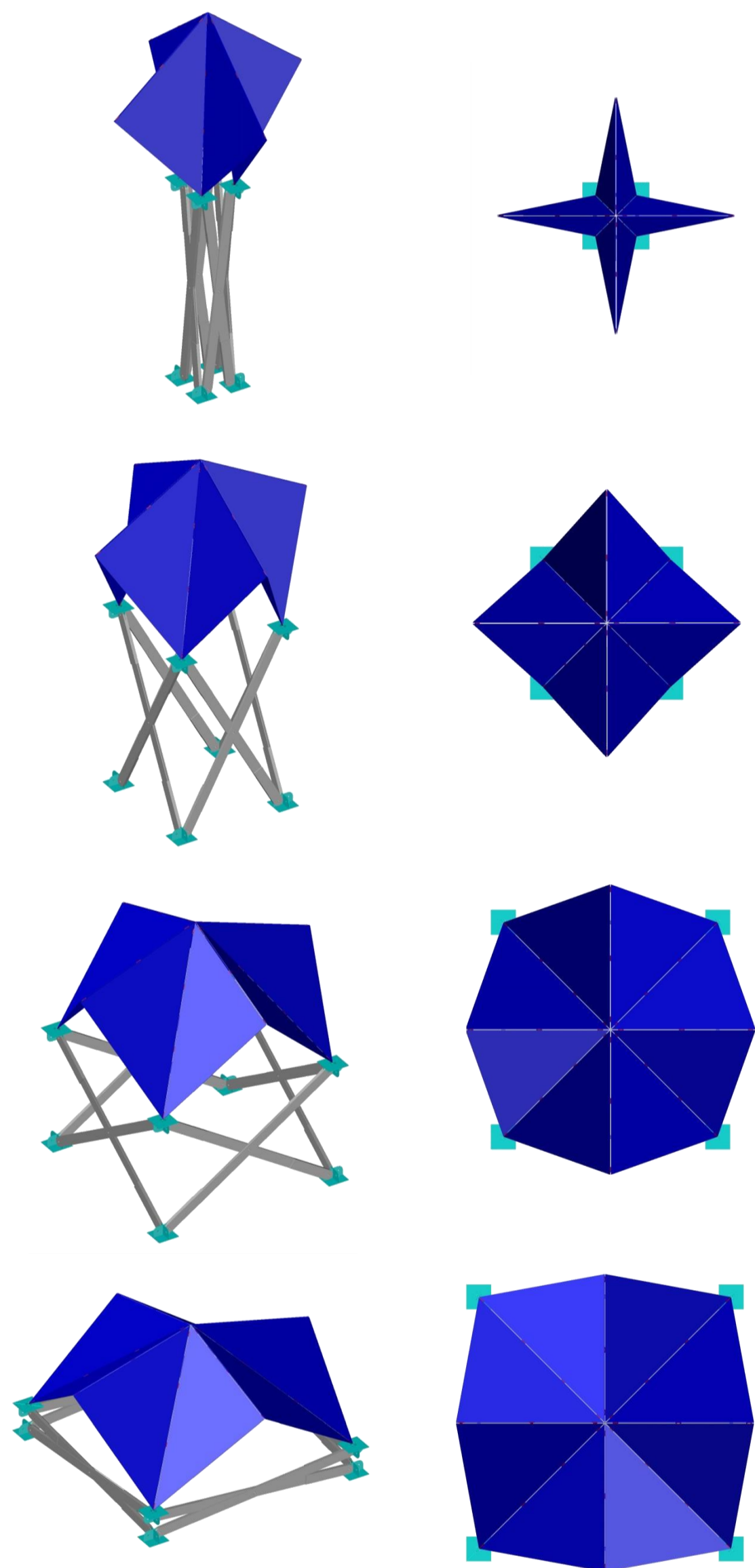
Agrupación de plegaduras simples sobre agrupación en línea de tijeras. Elaboración propia.



Despliegue de una agrupación de tijeras en paralelo, cubiertas con plegaduras piramidales. Elaboración propia.

## MODELO DE CERRAMIENTO PARA AGRUPACIÓN EN RED

### MÓDULO INDIVIDUAL



Modelo tridimensional de plegadura piramidal sobre módulo de tijera en red. Elaboración propia.

Estructuras de tijeras en las que se conforma una red en la que los cambios de dimensión son proporcionales en cualquier dirección.

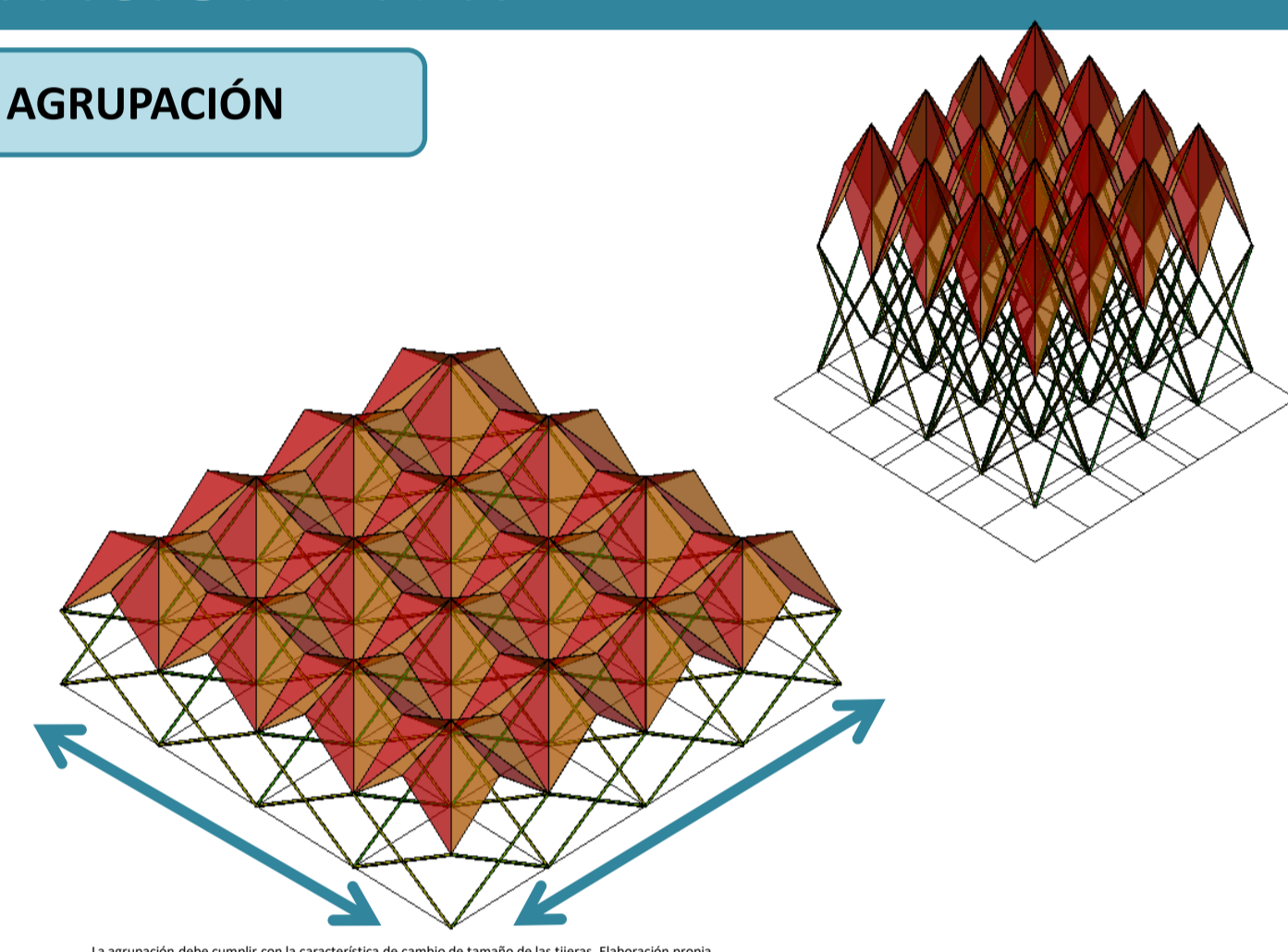
Se puede generar la solución de cerramientos con una plegadura piramidal que no genere curvatura, de lo contrario, no se puede garantizar hermeticidad del sistema.



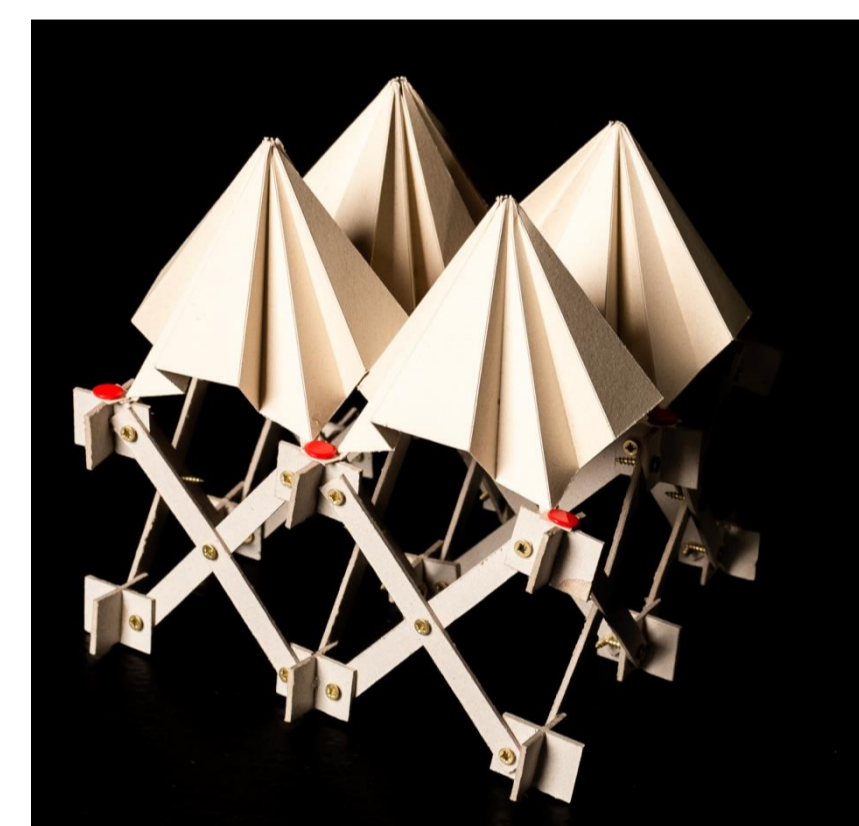
Modelo constructivo de plegadura sobre tijera agrupada en red. Elaboración propia.

El segundo modelo de plegadura piramidal empleado tiene la característica de variar de tamaño proporcionalmente en diferentes sentidos abarcando un área igual a la que lo contiene, no se puede garantizar hermeticidad del sistema.

### AGRUPACIÓN



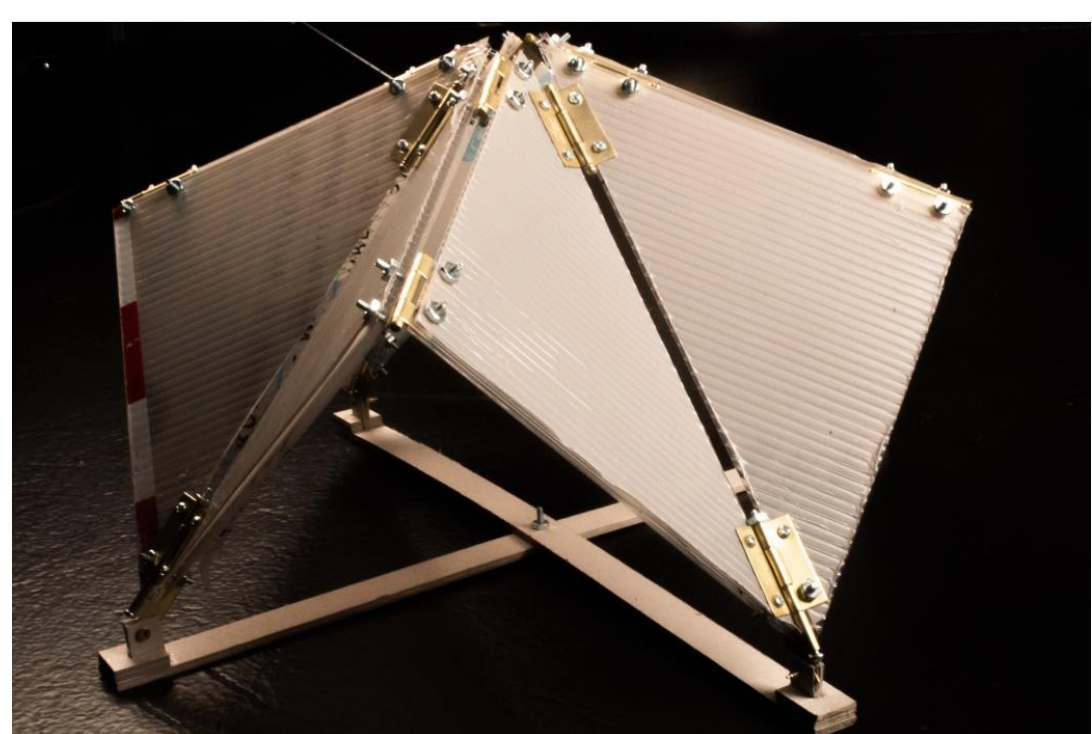
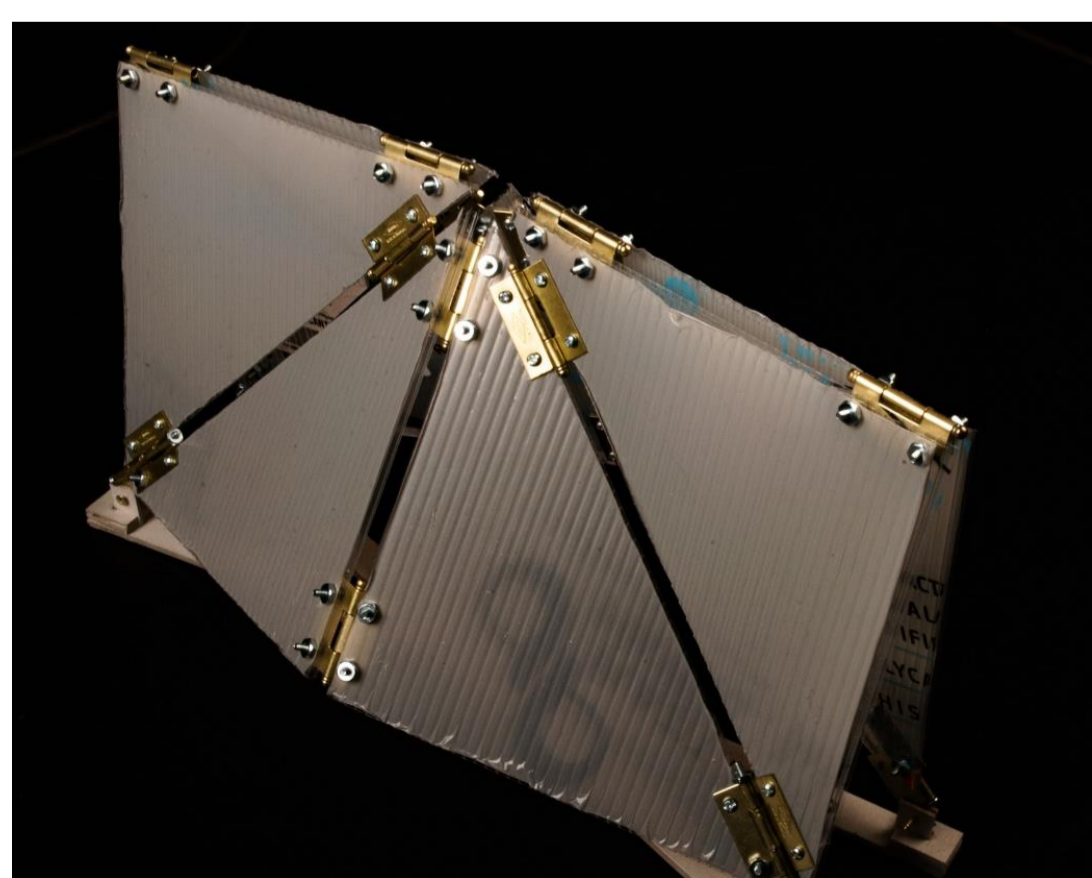
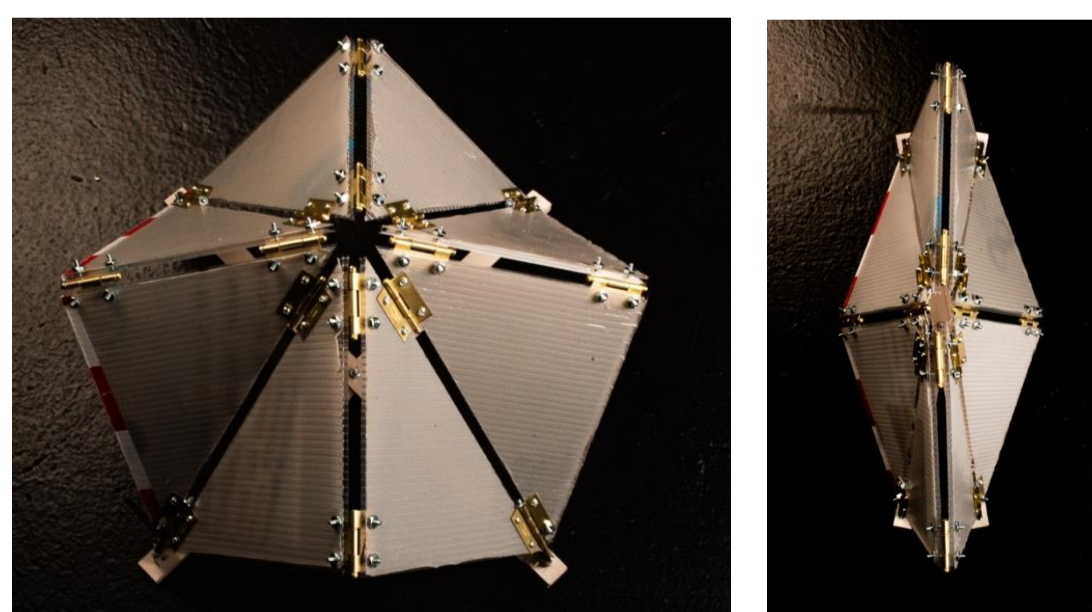
La agrupación debe cumplir con la característica de cambio de tamaño de las tijeras. Elaboración propia.



Modelo de plegadura piramidal en red de tijeras. Elaboración propia.

## MODELO DE CERRAMIENTO PARA AGRUPACIÓN EN PLANO

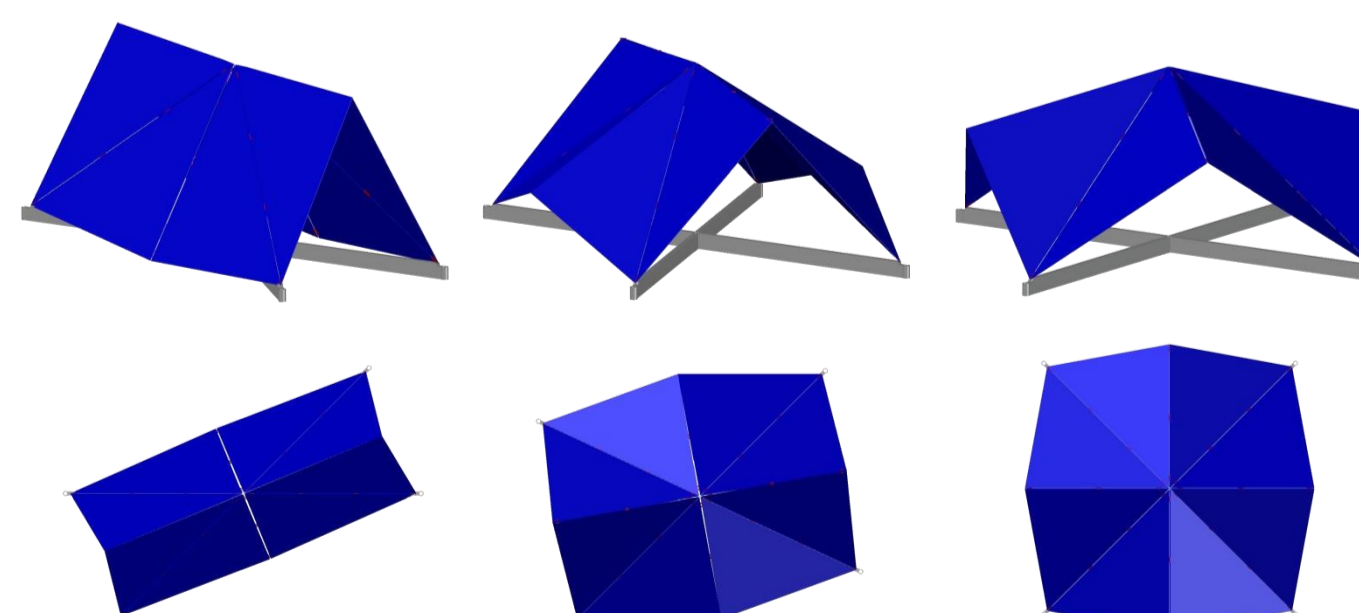
### MÓDULO INDIVIDUAL



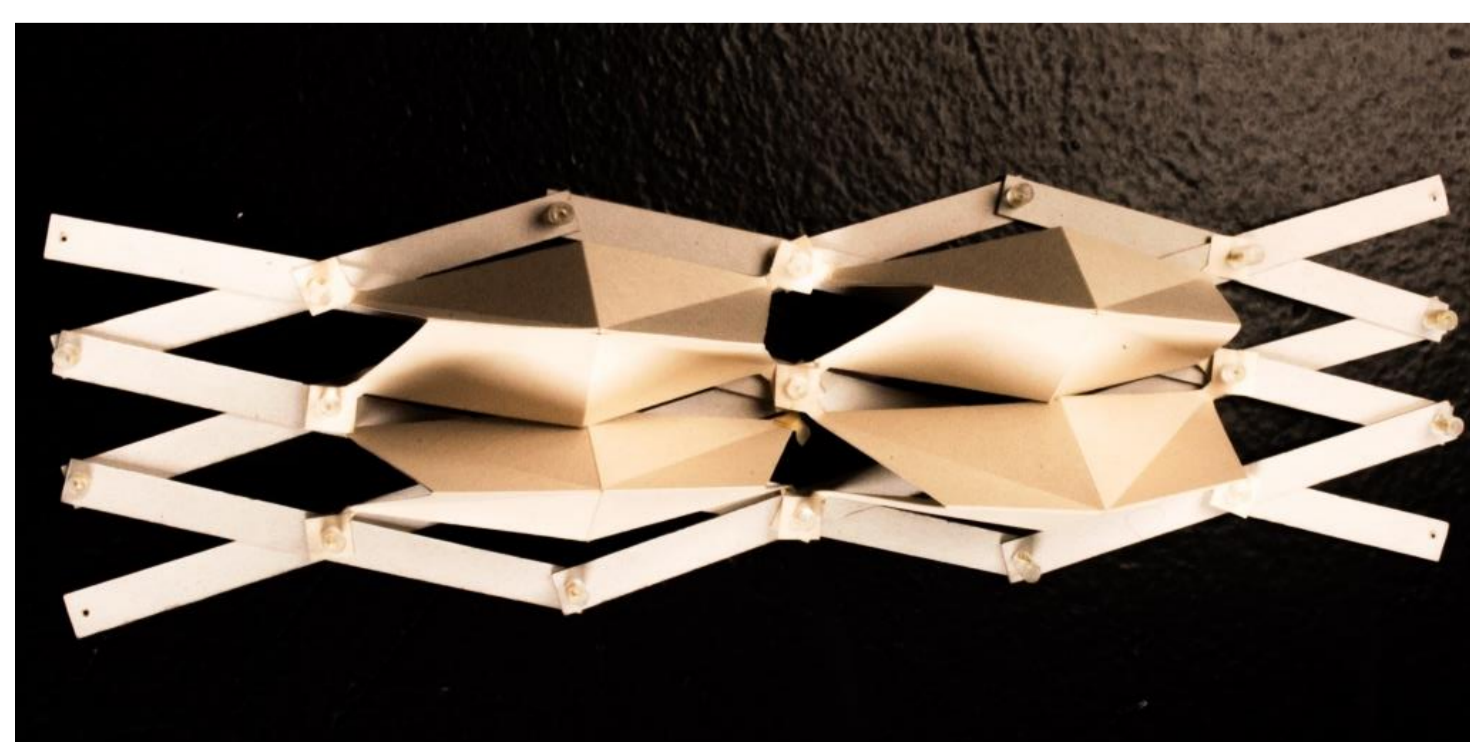
Modelo constructivo aplicado a módulo de agrupación en plano. Elaboración propia.

Estructuras de tijeras en las que se conforma una red en la que los cambios de dimensión en cada dirección son inversos, en un eje aumenta de dimensión, en el otro disminuye.

Se puede generar la solución de cerramientos con una plegadura piramidal donde los pliegues no se hagan simétricamente, así se puede ajustar a los cambios de dimensión de la estructura.

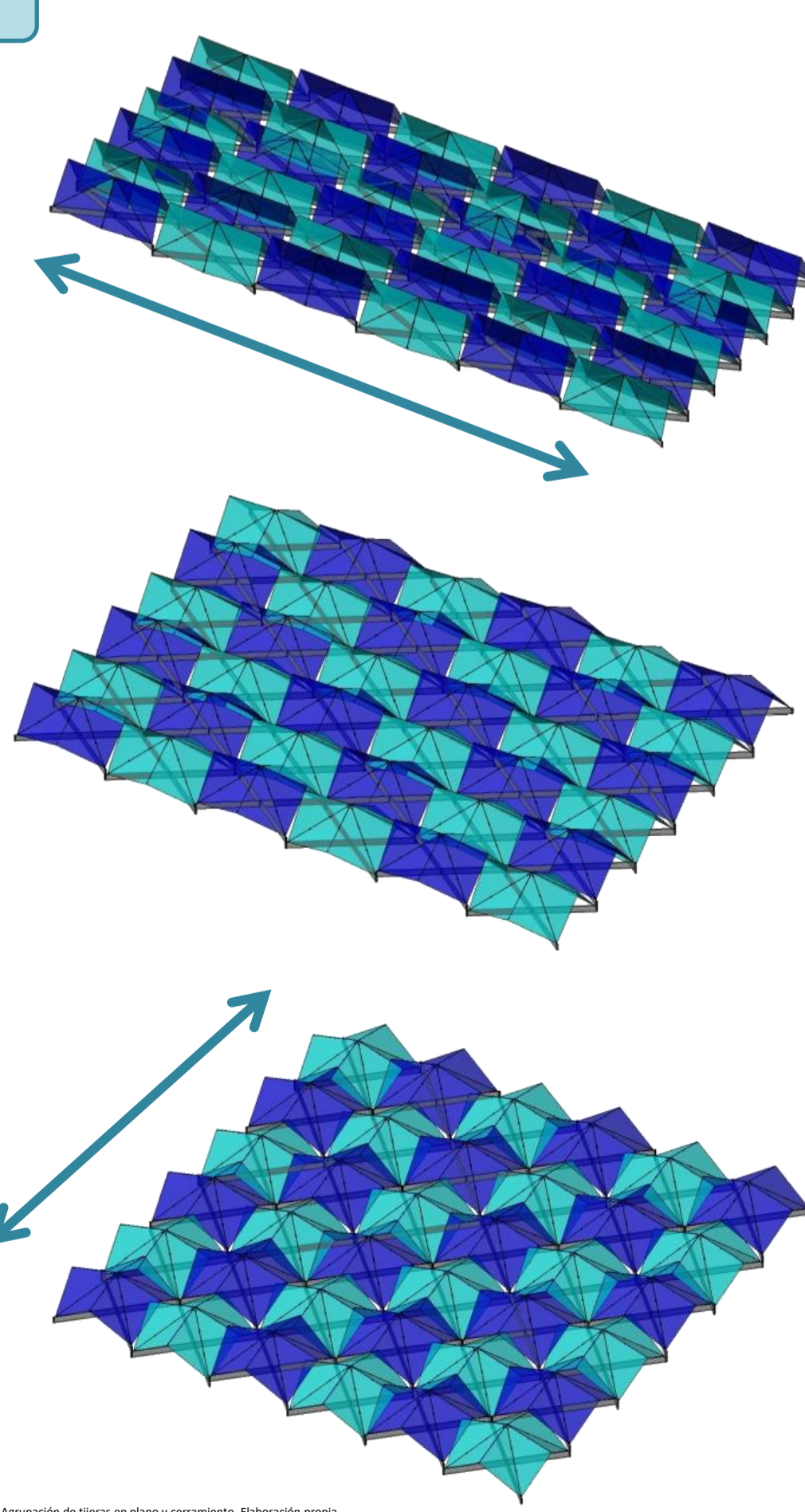


Modelo tridimensional de módulo individual con tijera en plano. Elaboración propia.



Modelo de agrupación en plano de tijera con cerramiento de plegadura piramidal. Elaboración propia.

### AGRUPACIÓN

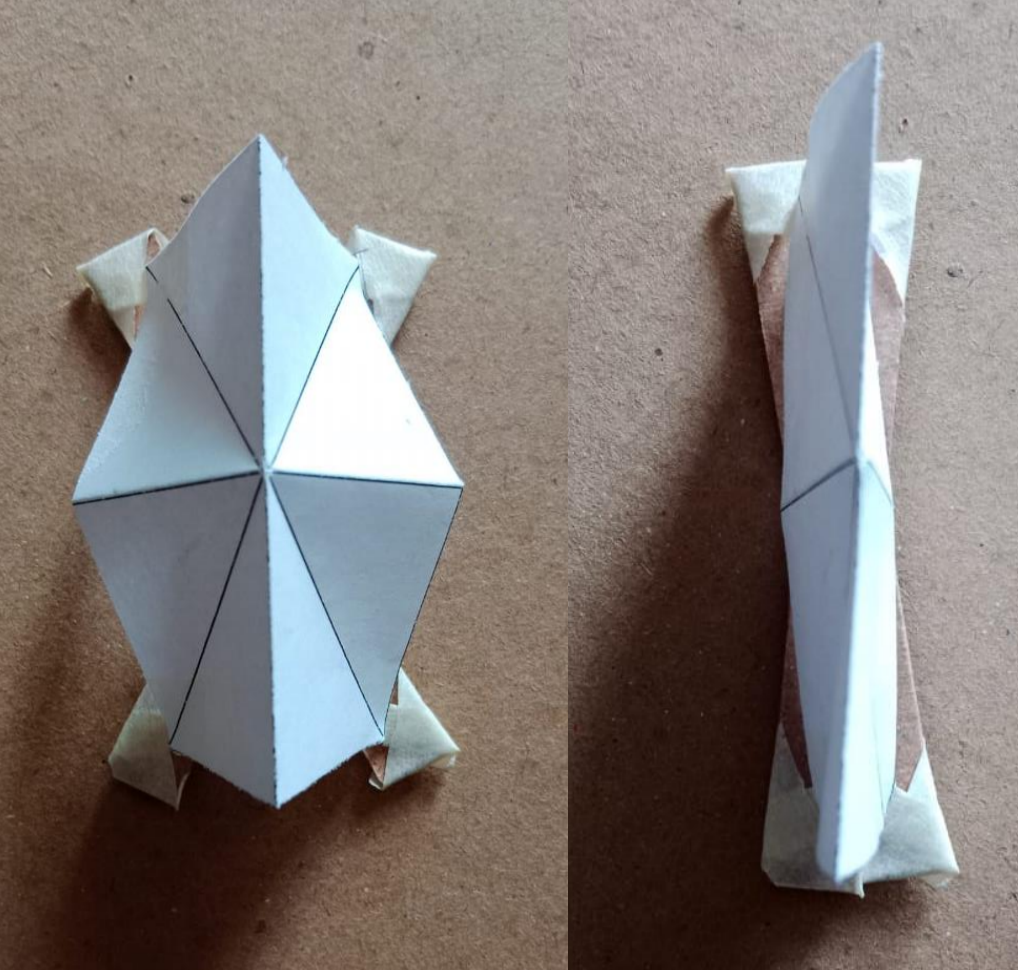
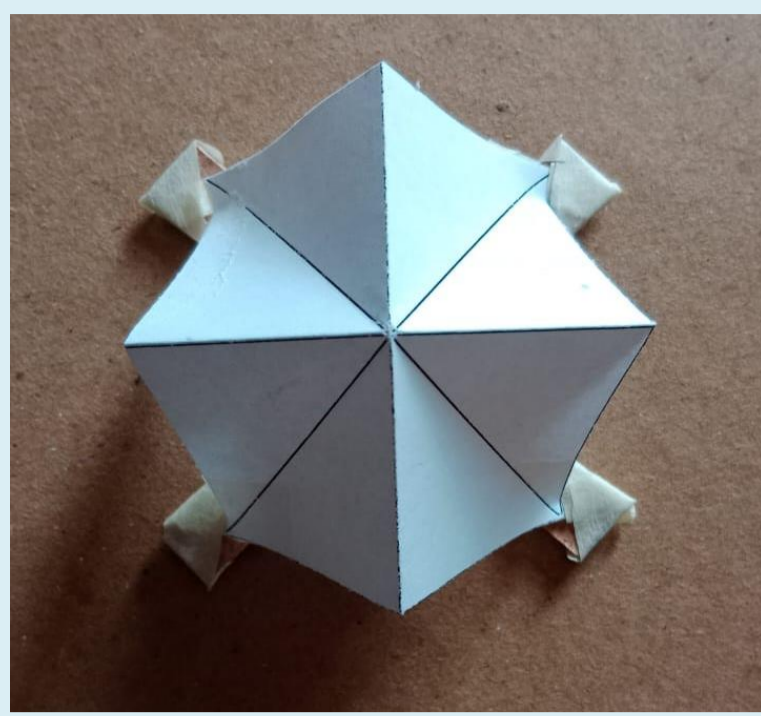


Agrupación de tijeras en plano y cerramiento. Elaboración propia.

## EXPLORACIÓN 3

### PLIEGUE ASIMÉTRICO

En este modelo de plegadura piramidal se usa como estructura de soporte una tijera que se puede agrupar en plano, la transformación formal asimétrica es compatible entre estructura y cerramiento.



Modelo de plegadura piramidal con tijera como estructura de soporte. Elaboración propia.

Los ángulos de giro son iguales entre estructura y cerramiento, lo cual facilitará el desarrollo de uniones.

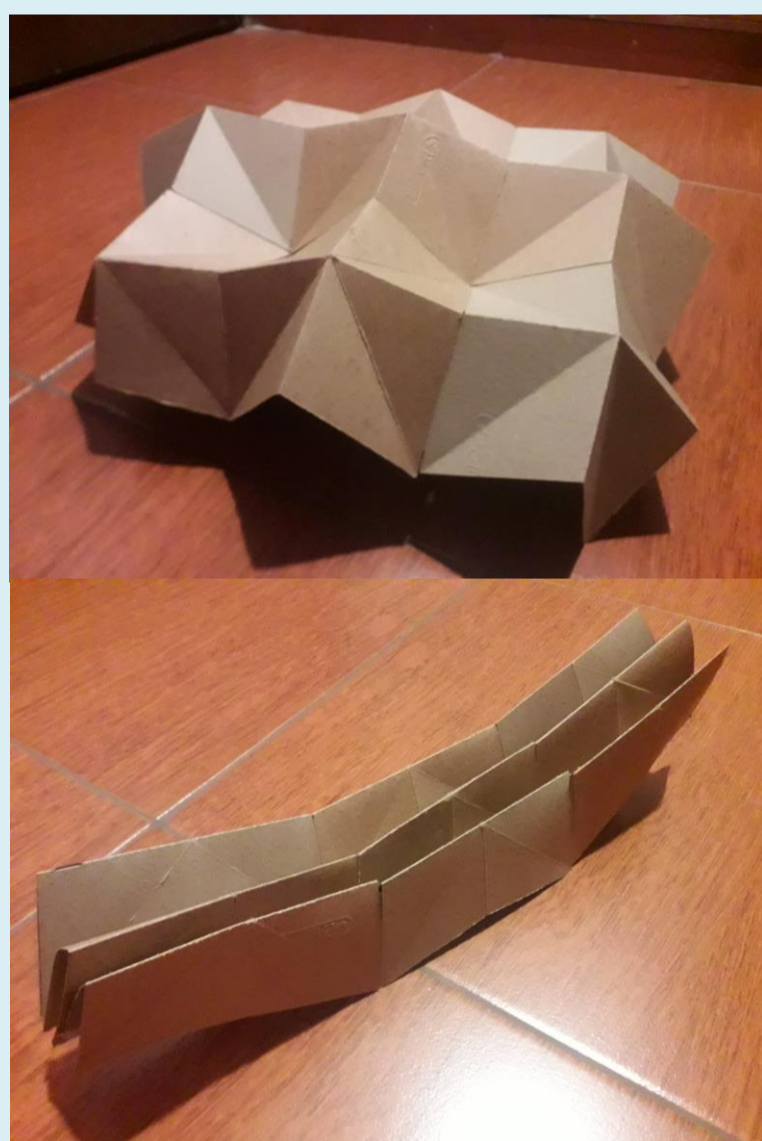
### AGRUPACIÓN

La agrupación de plegaduras piramidales se puede agrupar y plegar de diferentes formas, teniendo variaciones en la forma de plegarse.



Agrupación de plegaduras piramidales en red. Elaboración propia.

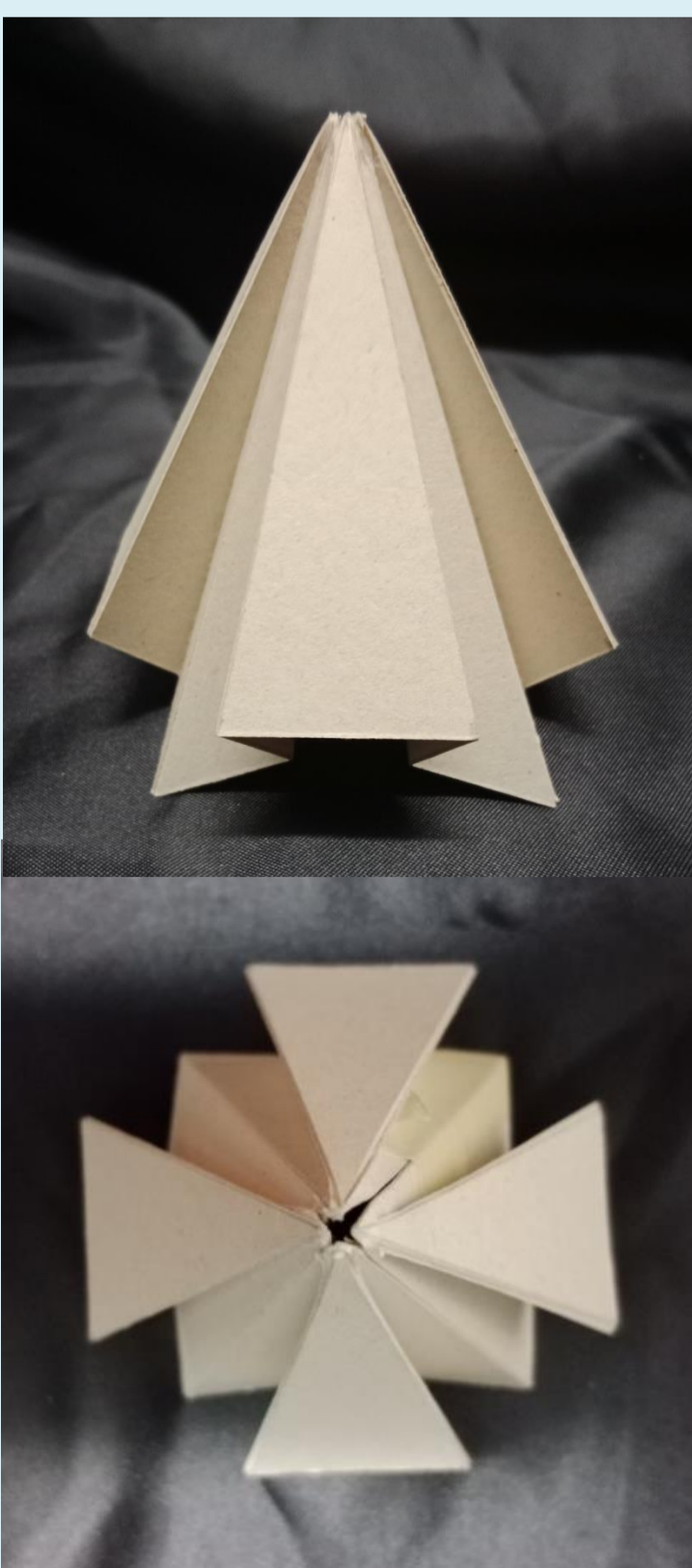
En agrupaciones en plano genera mejores posibilidades de plegabilidad respecto a la agrupación en red.



El plegue en un solo sentido da mejores opciones de plegabilidad. Elaboración propia.

### VARIACIONES

Se exploran variaciones de las plegaduras piramidales que dan otras posibilidades de adaptación y cambio de forma.



Mayor capacidad de plegue para adaptación a agrupaciones en red de tijeras. Elaboración propia.

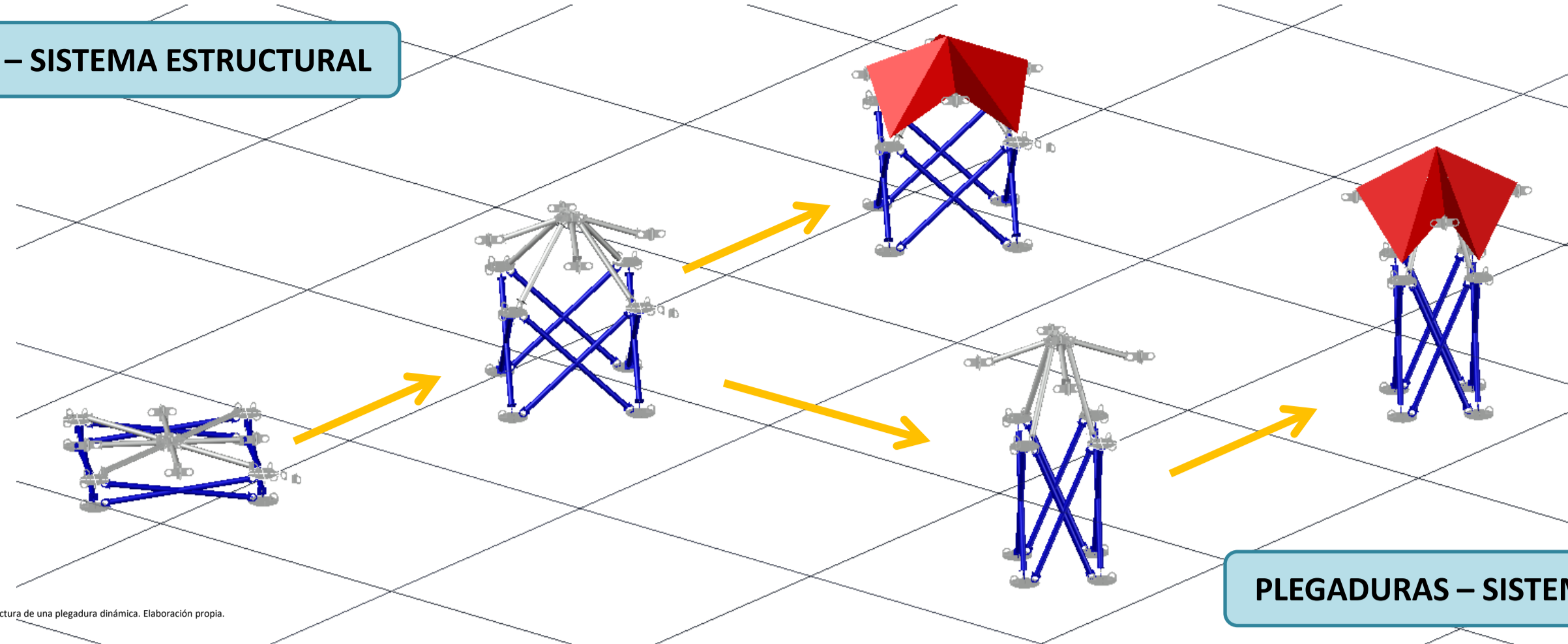
El modelo alternativo funciona mejor para agrupaciones de tijeras en red.



El desarrollo completo del modelo conforma una pirámide de base cuadrada. Elaboración propia.

## ESTUDIO DE MOVIMIENTO DE LA ESTRUCTURA Y EL CERRAMIENTO

### TIJERAS – SISTEMA ESTRUCTURAL



Análisis de movimiento y estructura de una plegadura dinámica. Elaboración propia.

### PLEGADURAS – SISTEMA DE CERRAMIENTO

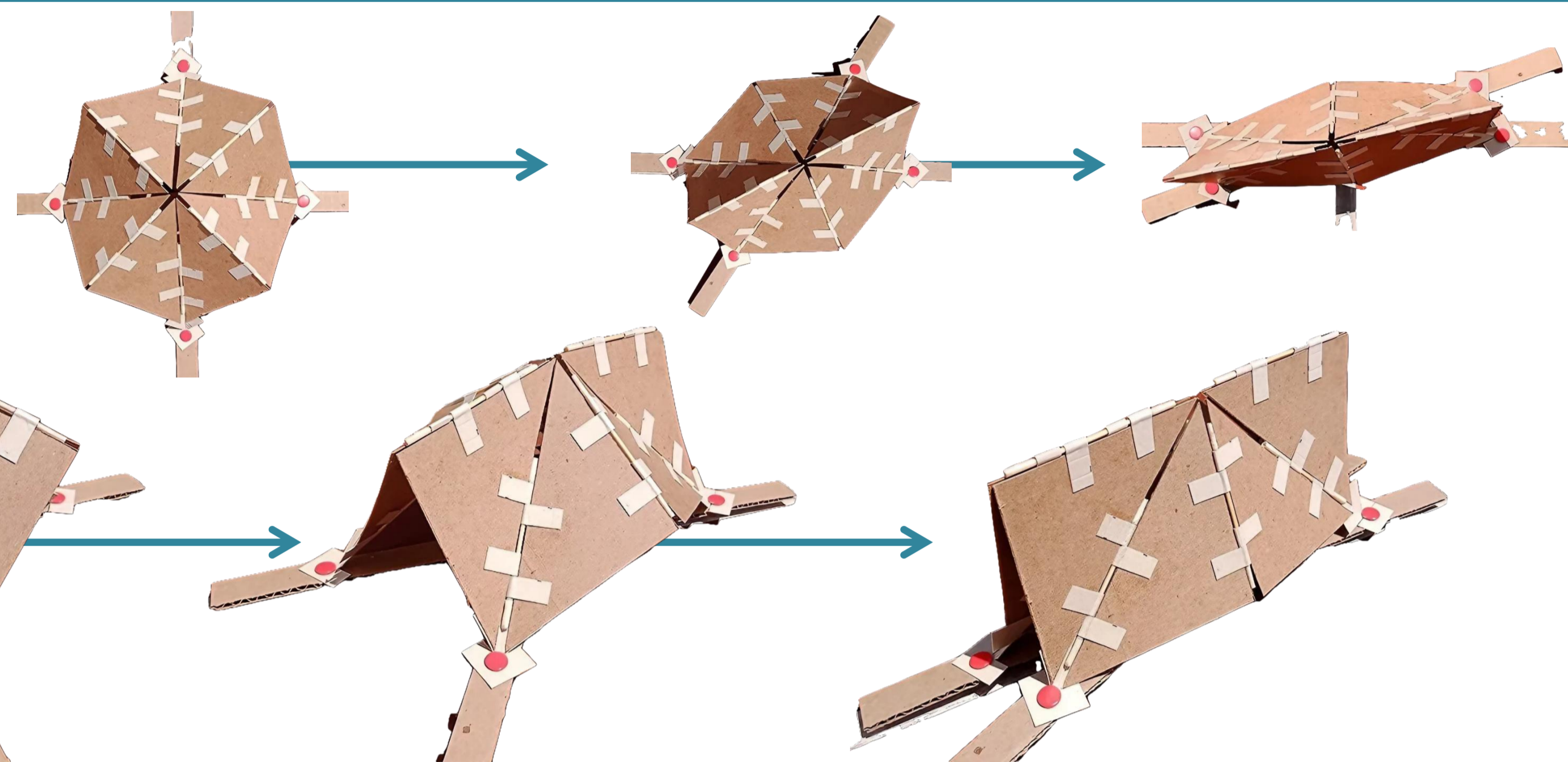
Los primeros estudios que se han hecho sobre plegaduras dinámicas parten del uso de una estructura de barras de soporte que sostienen los paneles rígidos y determinan la geometría de la plegadura.

Se realiza un análisis en el que se integra este "esqueleto" tubular con la estructura de tijeras para comprobar que el movimiento de los dos es compatible y se conserva la geometría de los elementos.

### MODELO DE CERRAMIENTO DE PLEGADURAS DINÁMICAS CON BISAGRAS

Por medio de modelos físicos funcionales se demuestra que el cerramiento, al estar apoyado en la estructura de tijeras, esta asume la responsabilidad portante y de generación de movimiento.

Los elementos de unión de la plegadura solo deben soportar el peso propio del módulo de cerramiento y mantener la estabilidad entre los elementos, así como el giro y movimiento controlado.



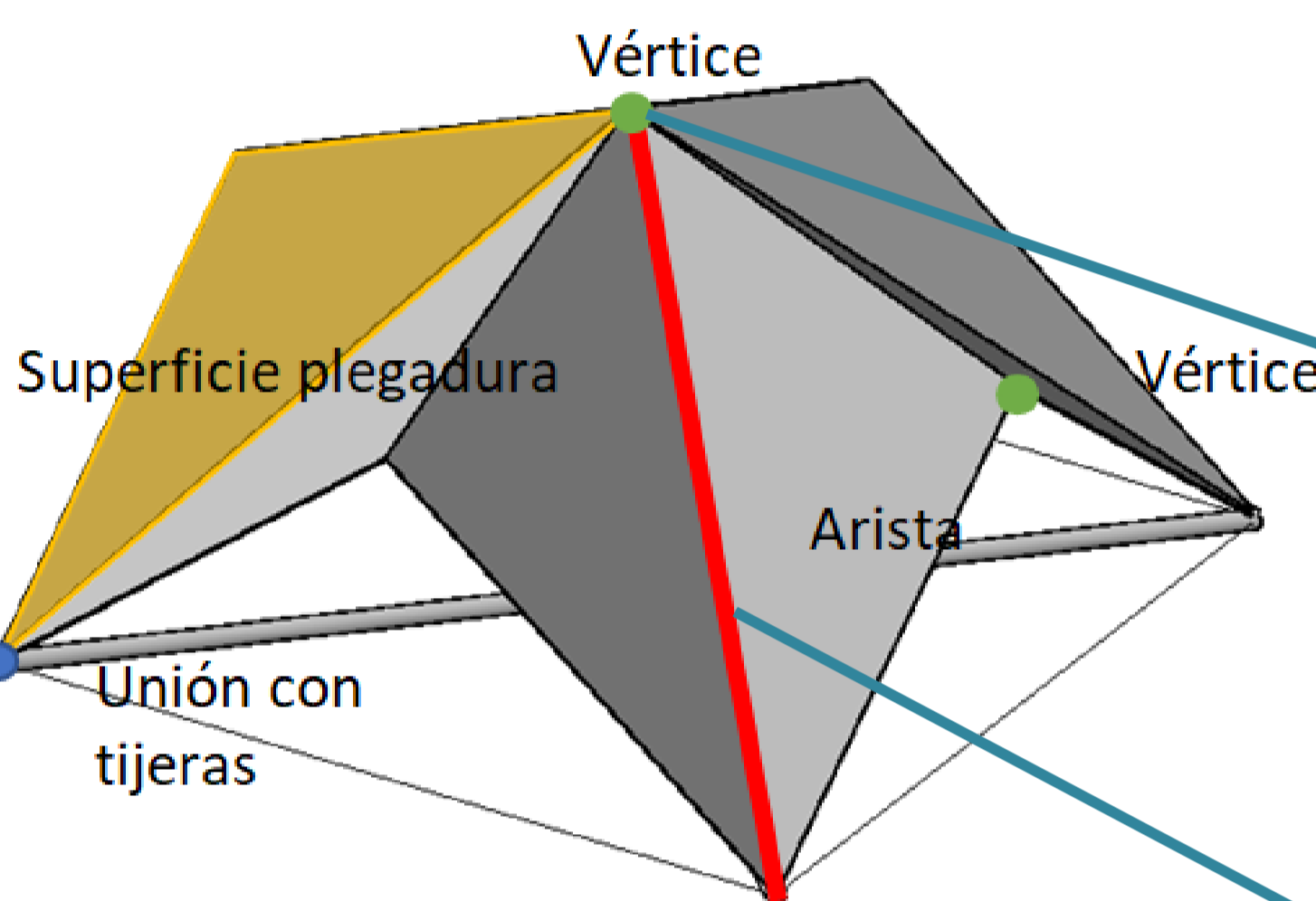
Modelo de plegadura dinámica con bisagras. Elaboración propia.

### MODELO DE CERRAMIENTO PARA REDES DE TIJERAS HORIZONTALES

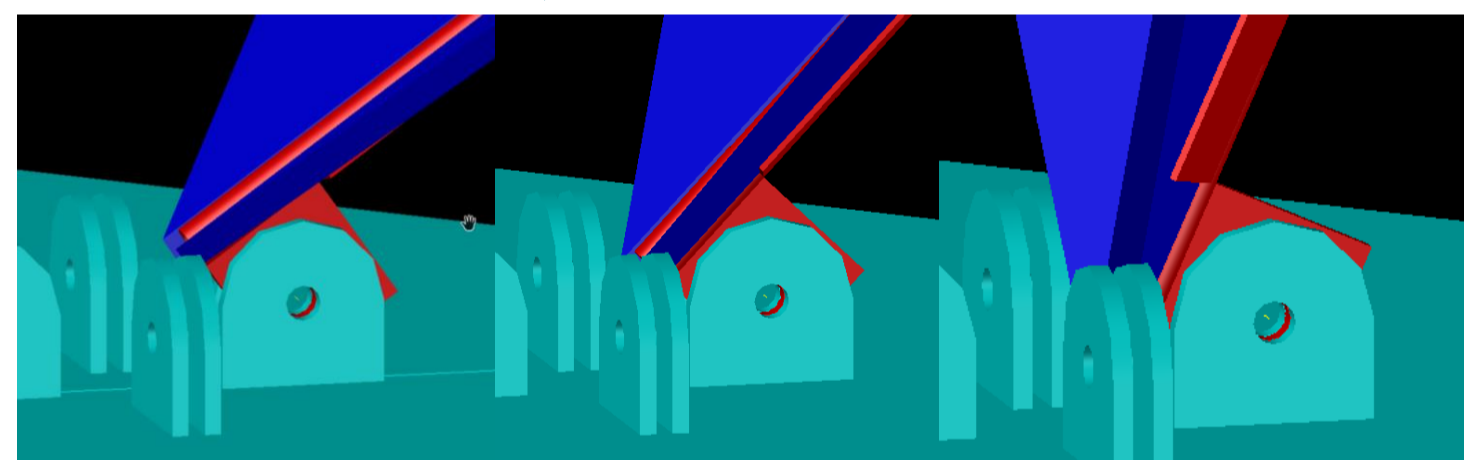
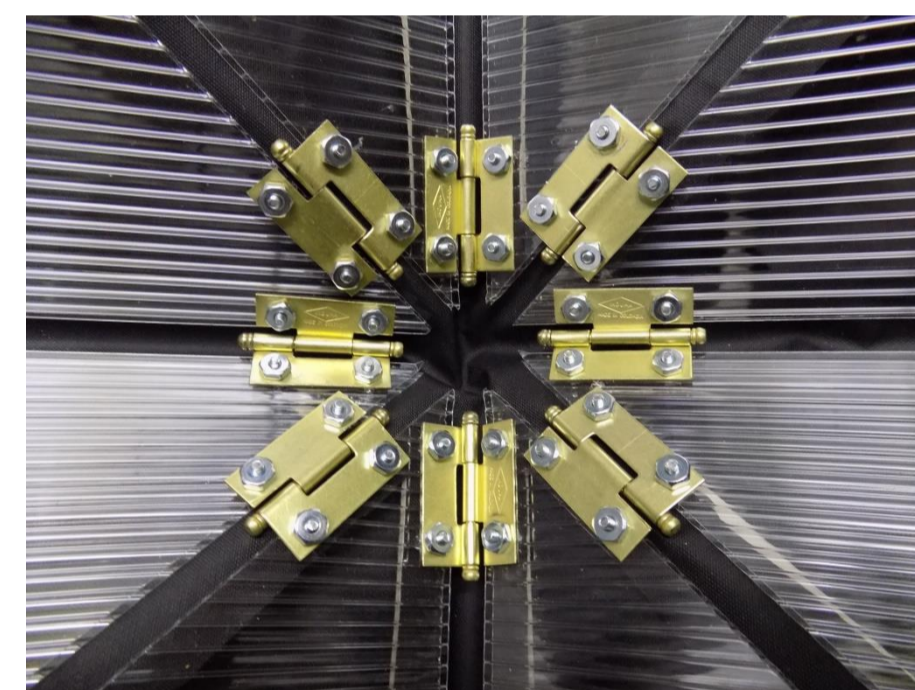
#### MÓDULO INDIVIDUAL PLEGADURA DINÁMICA PIRAMIDAL

Las uniones con los elementos de las tijeras son articulaciones en un solo sentido.

Las aristas, dependiendo del sentido de las plegaduras pueden girar en uno o dos sentidos diferentes.

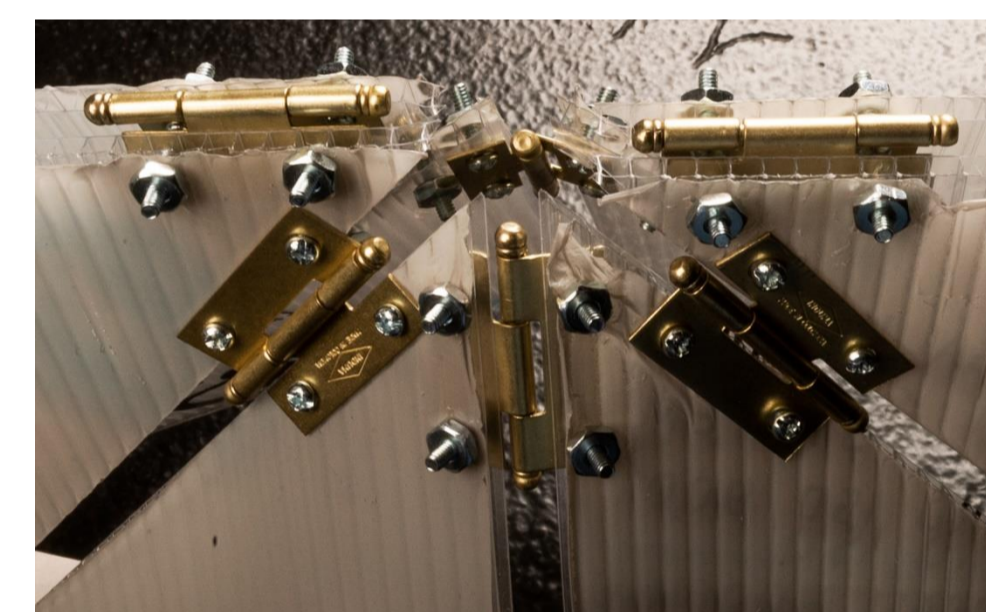


Según el modelo de bisagras, no se requieren elementos adicionales de soporte en los vértices, sin embargo, para dar estabilidad al punto, se localizan las bisagras cerca a la esquina.

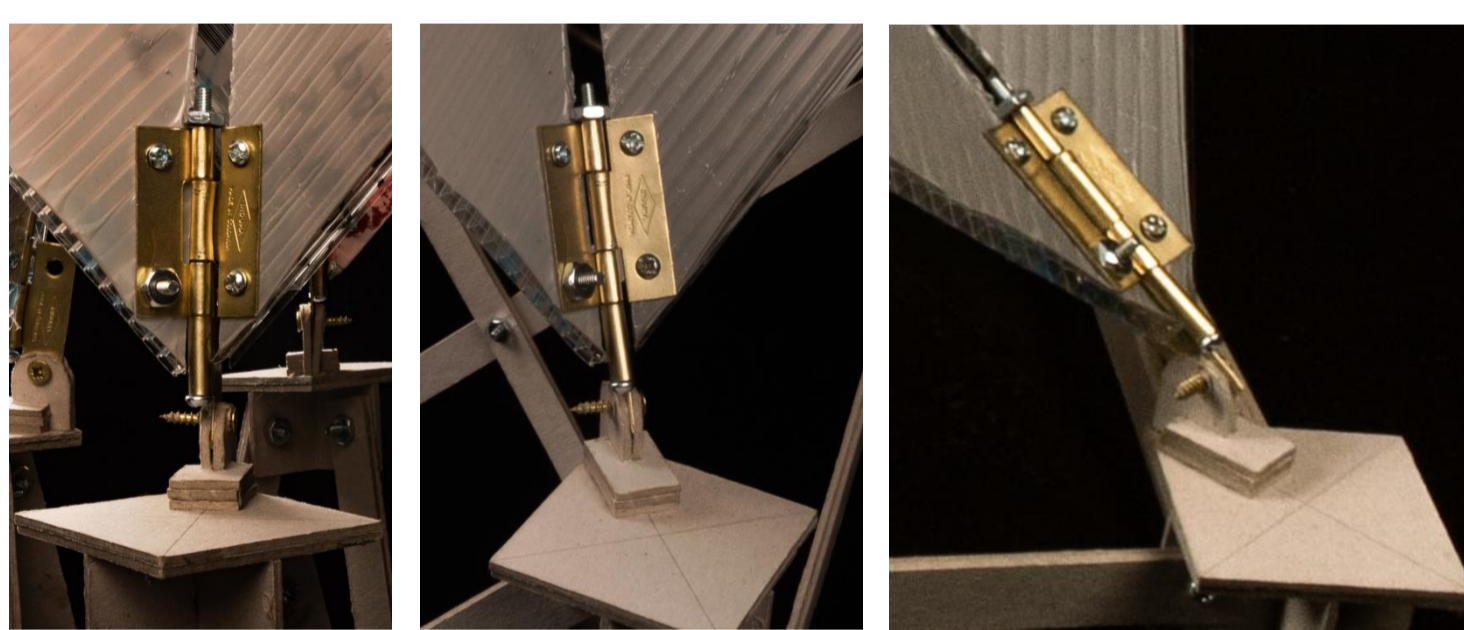


Los elementos de articulación de las plegaduras en las aristas son bisagras que permiten el giro en un solo eje.

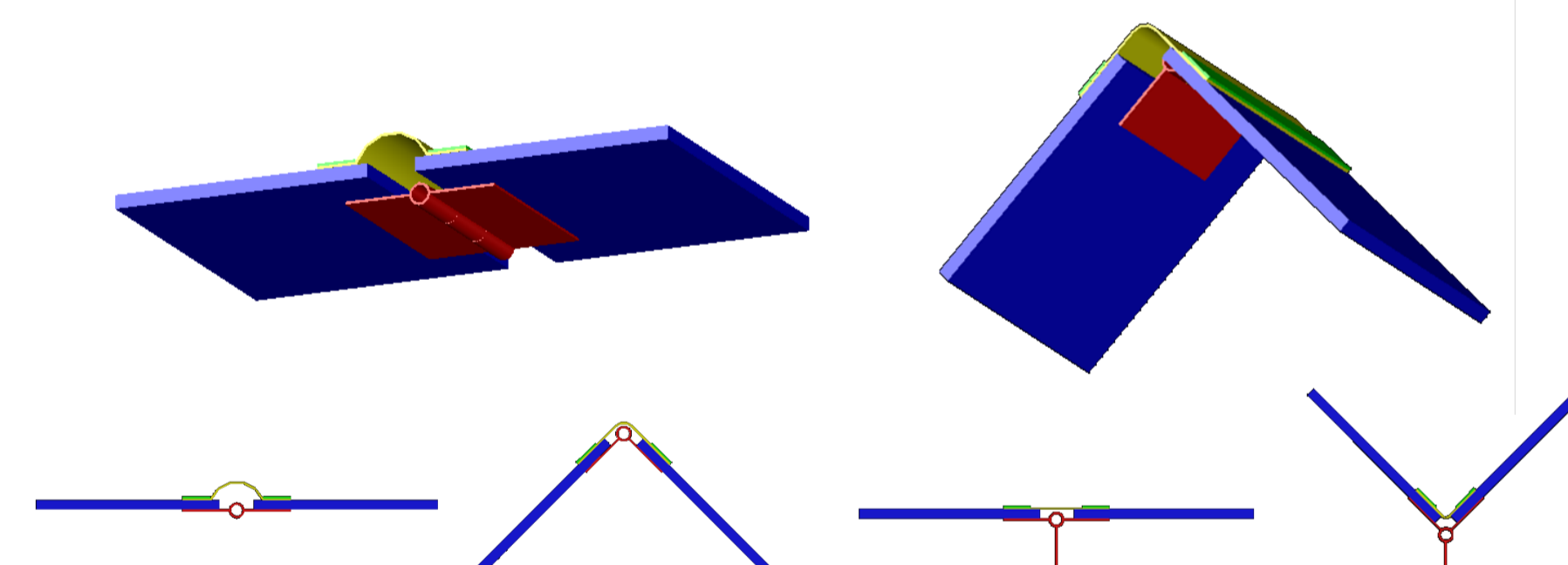
Se propone utilizar bisagras herméticas para el control al interior de la edificación, o la posibilidad de tener elementos adicionales que solucionen las juntas entre los paneles rígidos, así como las esquinas.



Solución de aristas por medio de bisagras aisladas. Elaboración propia.



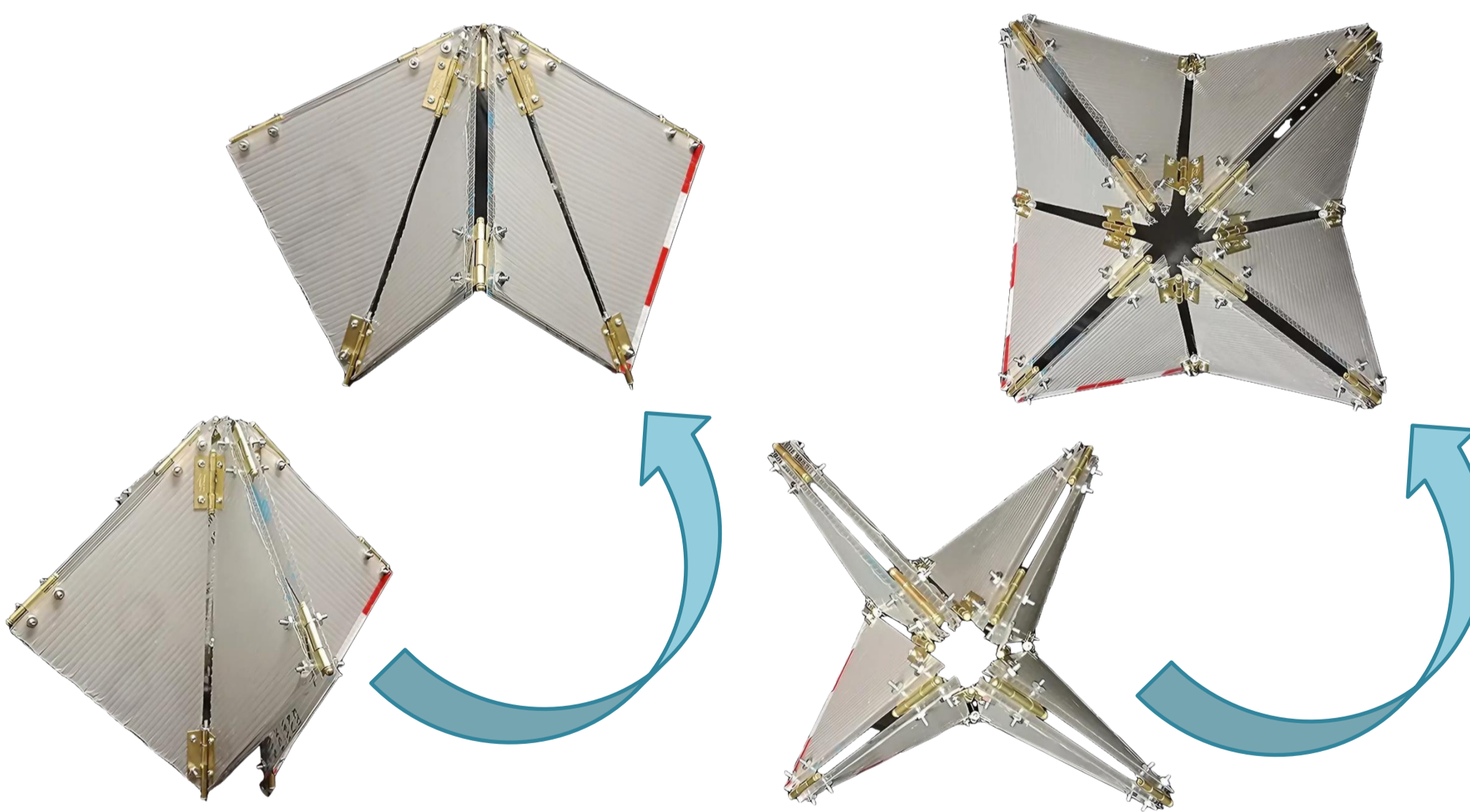
Modificación de una bisagra convencional para la unión con la estructura de soporte. Elaboración propia.



Modelo de unión y junta hermética. Elaboración propia.

### MODELO CONSTRUCTIVO DE CERRAMIENTO CON PLEGADURAS DINÁMICAS

El modelo constructivo demuestró cómo a través del esquema de bisagras aisladas se da la estabilidad necesaria a la plegadura y de igual manera el movimiento deseado.



Modelo constructivo, demostración de movimiento. Elaboración propia.



En el modelo constructivo final se evidencian los detalles como juntas impermeables, refuerzo de los paneles de policarbonato y las modificaciones de las bisagras en las uniones con las tijeras.



Modelo constructivo definitivo. Elaboración propia.

## CONCLUSIONES

#### VIABILIDAD

Es viable el uso de plegaduras dinámicas como sistema de cerramiento para estructuras dinámicas tipo tijera; en los modelos finales se emplearon dos tipos de plegaduras diferentes que daban respuesta al cambio de forma de la estructura.

#### MORFOLOGÍA

Dada la adaptabilidad de las plegaduras dinámicas a cambios de forma, lo cual se demostró a través de la exploración formal de esta morfología, se puede experimentar con otras variaciones geométricas de los modelos de plegadura dinámica que también den respuesta a los requerimientos de cerramiento de las estructuras tipo tijera, así como variedades formales y estéticas.

#### ADAPTABILIDAD

Las plegaduras dinámicas responden adecuadamente a diferentes tipos de tijeras, tanto para elementos individuales como agrupaciones de las mismas, las cuales se pueden trabajar a gran escala y para grandes luces.

#### ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS

El cerramiento no requiere mecanismos adicionales para generar el movimiento, la estructura de tijeras es la que mueve el cerramiento a la par. Esto constituye una ventaja, ya que solo se requiere diseñar elementos de unión que soporten el peso del cerramiento y garanticen el movimiento deseado sin aportar mayor peso a la estructura.

#### REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

Los modelos de plegaduras dinámicas como cerramiento para estructuras tipo tijera solucionan requerimientos como control de iluminación, protección de la radiación solar y el viento, así como adecuación de las condiciones acústicas al interior de las edificaciones, también contra la lluvia en agrupaciones pequeñas o elementos individuales.

#### LIVIANDAD

El modelo constructivo mostró que se puede construir el cerramiento con materiales livianos, los cuales no afectan el trabajo estructural de las tijeras, salvo el peso propio de los materiales. En propuestas futuras pueden utilizarse otros materiales que implicarían un trabajo de ingeniería estructural para ajustar el dimensionamiento para soportar el cambio de carga o dimensión en proyectos de grandes luces.